

# **PENYISIHAN REMAZOL RED MENGGUNAKAN MEMBRAN NANOFILTRASI KOMPOSIT FILM TIPIS POLIAMIDA**

## **SKRIPSI TEKNIK KIMIA**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Teknik



**Wahyu Fiqih Virdiansyah**

**(175061100111019)**

**Kharisma Ghanyysyafira**

**(175061101111021)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2021**

# LEMBAR PENGESAHAN

## PENYISIHAN REMAZOL RED MENGGUNAKAN MEMBRAN NANOFILTRASI KOMPOSIT FILM TIPIS POLIAMIDA

### SKRIPSI

### TEKNIK KIMIA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**WAHYU FIQIH VIRDIANSYAH**

**NIM. 175061100111019**

**KHARISMA GHANYYSYAFIRA**

**NIM. 175061101111021**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 21 Juli 2021

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Nurul Faiqotul Himma, ST., MT**

NIK. 2016079001252001

**Ir. Bambang Ismuyanto, MS**

NIR. 196005041986031003

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

**Ir. Moli. Sholichin, MT., Ph.D.**

NIP. 196706021998021001



## IDENTITAS TIM PENGUJI

**JUDUL SKRIPSI** : PENYISIHAN REMAZOL RED MENGGUNAKAN  
MEMBRAN NANOFILTRASI KOMPOSIT FILM  
TIPIS POLIAMIDA

**Nama Mahasiswa/NIM** : Wahyu Fiqih Virdiansyah /175061100111019

Kharisma Ghanyysafira /175061101111021

**Program Studi** : Teknik Kimia

### TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Ir. Bambang Poerwadi, M.S.

Dosen Penguji 2 : Ir. Bambang Ismuyanto, M.S.

Dosen Penguji 3 : Vivi Nurhadianty, S.T., M.T.

Saksi Penguji : Nurul Faiqotul Himma, S.T., M.T.

**Tanggal Ujian** : 5 Juli 2021

**SK Penguji** : 1082/UN10.F07/KP/2021

**PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 21 Juli 2021

Mahasiswa 1



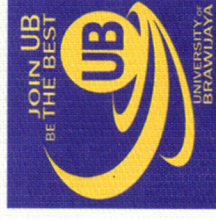
Wahyu Fiqih Virdiansyah

175061100111019





**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM SARJANA**



## **SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

Nomor : **15/UN10.F07.18/PP/2021**

Sertifikat ini diberikan kepada :

**WAIYU FIQIH VIRDIANSYAH**

Dengan Judul Skripsi :

**Penyisihan Renazol Red Menggunakan Membran Nanofiltrasi Komposit Film Tipis Poliamida  
(Removal of Renazol Red using Polyamide Thin Film Composite Nanofiltration Membrane)**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal



Teknik Kimia

**Ir. Muli Sholahudin, M.T., Ph.D**  
NIP. 19670502 198802 1 001



**PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 24 Juni 2021

Mahasiswa 2



Kharisma Ghanyysyafira

175061101111021







**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM SARJANA**



## **SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

Nomor : **15/UN10.F07.18/PP/2021**

Sertifikat ini diberikan kepada :

**KHARISMA GHANIYYSYAFIRA**

Dengan Judul Skripsi :

**Penyisihan Remazol Red Menggunakan Membran Nanofiltrasi Komposit Film Tipis Poliamida  
(Resozol of Remazol Red using Polyamide Thin Film Composite Nanofiltration Membrane)**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal



**Ir. M/h. Sholehichin, M.T., Ph.D**  
NIP. 19670602 199802 1 001



*Ucapan Terimakasih Kami Iringkan Kepada: Kedua  
Orang Tua, dan Adik*





## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada kami sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini. Dan tidak lupa kita panjatkan shalawat serta salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW., yang telah menjadi suri tauladan yang baik bagi umatnya dan untuk berbuat kebajikan.

Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan bagi setiap mahasiswa Universitas Brawijaya Malang. Selain itu juga merupakan suatu bukti bahwa mahasiswa telah menyelesaikan kuliah jenjang program Strata-1 dan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Penulis memahami tanpa bantuan, doa, dan bimbingan dari semua orang akan sangat sulit untuk menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas dukungan dan kontribusi kepada;

1. Bapak Ir. Moh. Sholichin, MT., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang;
2. Bapak Ir. Bambang Ismuyanto, MS., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing selama penyusunan usulan penelitian ini;
3. Ibu Nurul Faiqotul Himma, ST., MT., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing selama penyusunan usulan penelitian ini;
4. Ibu A.S. Dwi Saptati Nur Hidayati, ST., MT., selaku dosen bidang rekayasa lingkungan;
5. Serta kepada dosen penguji yang senantiasa memberikan masukan dan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan usulan penelitian ini;
6. Orang tua, saudara dan teman-teman yang selalu membantu ketika menghadapi kesulitan;
7. Serta kepada semua pihak yang terlibat dan tidak dapat disebutkan satu persatu semoga Allah membalas kebbaikannya.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan pembaca. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini.

Malang, 21 Juli 2021

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>v</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I .....</b>	<b>vi</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II .....</b>	<b>5</b>
2.1 Limbah Cair Industri Tekstil .....	5
2.2 Remazol Red .....	6
2.3 Teknologi Membran .....	8
2.3.1 Proses Pemisahan Membran .....	8
2.3.2 Struktur Membran .....	8
2.3.3 Kinerja Membran .....	12
2.4 Membran Komposit Film Tipis Poliamida .....	13
2.5 Penelitian Terdahulu .....	17
2.6 UV-VIS Spektrofotometri .....	18
2.7 Karakterisasi Scanning Electron Microscope (SEM) .....	19
2.8 Karakterisasi Fourier Transform InfraRed (FT-IR) .....	20
2.9 Analisa Statistik Inferensial .....	20
<b>BAB III .....</b>	<b>23</b>
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	23
3.2 Variabel Penelitian .....	23
3.2.1 Variabel Tetap .....	23
3.2.2 Variabel Bebas .....	24
3.2.3 Variabel Terikat .....	24
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	24
3.3.1 Alat Penelitian .....	24
3.3.2 Bahan Penelitian .....	24



3.4 Prosedur Penelitian .....	25
3.4.1 Penyiapan Larutan <i>Remazol Red</i> .....	25
3.4.2 Persiapan Larutan <i>Remazol Red</i> yang Mengandung NaCl .....	25
3.4.3 Persiapan Larutan m-phenyldiamine .....	26
3.4.4 Persiapan Larutan Trimesoyl Chloride .....	27
3.4.5 Persiapan Membran Komposit Film Tipis Poliamida .....	27
3.4.6 Pengukuran Permeabilitas Air Murni .....	30
3.4.7 Pengukuran Permeabilitas Membran Komposit Film Tipis Poliamida .....	301
3.4.8 Penentuan $\lambda_{max}$ <i>Remazol Red</i> .....	331
3.4.9 Pembuatan Kurva Kalibrasi <i>Remazol Red</i> .....	332
3.4.10 Pengujian Sampel dengan UV-VIS .....	33
3.4.11 Perhitungan Rejeksi Membran Komposit Film Tipis Poliamida .....	33
3.4.12 Pengujian Membran dengan <i>Fourier Transform InfraRed</i> (FT-IR) .....	34
3.4.13 Pengujian Membran dengan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) .....	34
3.4.14 Pengujian Statistika .....	34
<b>BAB IV .....</b>	<b>35</b>
4.1. Karakterisasi Membran Komposit Film Tipis Poliamida .....	35
4.1.2 Struktur Kimia .....	35
4.1.2 Struktur Morfologi .....	37
4.2 Uji Permeabilitas Air Murni .....	38
4.3. Pengaruh Konfigurasi aliran membran .....	39
4.4 Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap kinerja membran komposit poliamida .....	41
4.5 Pengujian Statistika Korelasi Pearson .....	44
<b>BAB V .....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN A .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN B .....</b>	<b>59</b>
<b>LAMPIRAN C .....</b>	<b>67</b>



## DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Komponen Zat Pencemar dan Baku Mutu Limbah Cair Tekstil .....	6
Tabel 2.2	Penelitian Tentang Membran Nanofiltrasi Komposit Film Tipis Poliamida. ....	17
Tabel 2.3	Interpretasi Nilai Korelasi Pearson .....	22
Tabel 2.4	Nilai $r_{\text{tabel}}$ .....	22
Tabel 4.1	Hasil Uji Korelasi Pearson Pada IBM SPSS .....	50





## DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Struktur Remazol Red.....	6
Gambar 2.2	Proses Pemisahan dengan Membran.....	8
Gambar 2.3	Struktur Membran.....	9
Gambar 2.4	Tipe Konfigurasi Aliran.....	11
Gambar 2.5	Lapisan Pada Membran PA-TFC.....	14
Gambar 2.6	Persiapan Pembuatan Membran PA-TFC.....	17
Gambar 2.7	Reaksi antara MPD dan TMC.....	18
Gambar 2.8	Spektrum Cahaya Tampak.....	21
Gambar 2.9	Mekanisme Kerja Spektrofotometer UV-VIS.....	22
Gambar 3.1	Diagram Alir Persiapan Larutan Remazol Red.....	25
Gambar 3.2	Diagram Alir Larutan Remazol Red yang Mengandung NaCl.....	26
Gambar 3.3	Diagram Alir Persiapan Larutan MPD.....	26
Gambar 3.4	Diagram Alir Persiapan Larutan TMC.....	27
Gambar 3.5	Diagram Alir Persiapan Membran Komposit Film Tipis Poliamida.....	29
Gambar 3.6	Diagram Alir Pengukuran Permeabilitas Air Murni.....	30
Gambar 3.7	Diagram Alir Pengukuran Permeabilitas Membran Komposit Film Tipis Poliamida dengan konfigurasi dead-end.....	31
Gambar 3.8	Diagram Alir Pengukuran Permeabilitas Membran Komposit Film Tipis Poliamida dengan Konfigurasi Crossflow.....	31
Gambar 3.9	Skema Aliran Proses.....	32
Gambar 3.10	Diagram Alir Pembuatan Kurva Kalibrasi.....	33
Gambar 4.1	Spektra Infra Merah Membran PVDF dan Membran Komposit Film Tipis Poliamida.....	35
Gambar 4.2	Reaksi Pembentukan Poliamida.....	36
Gambar 4.3	Hasil SEM.....	37
Gambar 4.4	Grafik Permeabilitas Air Murni.....	38
Gambar 4.5	Pengaruh Konfigurasi Aliran Terhadap Kinerja Membran.....	39
Gambar 4.6	Membran Komposit Film Tipis Poliamida.....	40
Gambar 4.7	Hasil Penyisihan Remazol Red.....	40
Gambar 4.8	Pengaruh Kadar Garam Terhadap Kinerja Membran.....	41
Gambar 4.9	Peristiwa <i>Donnan Exclusion</i> .....	42
Gambar 4.10	Peristiwa <i>Pore Swelling</i> .....	44



## RINGKASAN

**Kharisma Ghanyysyafira dan Wahyu Fiqih Virdiansyah**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2021, Penyisihan *Remazol Red* Menggunakan Membran Nanofiltrasi Komposit Film Tipis Poliamida, Dosen Pembimbing : Nurul Faiqotul Himma, S.T.,M.T dan Ir. Bambang Ismuyanto, M.S.

Industri tekstil menghasilkan limbah cair dengan kandungan zat warna sekitar 40%. Umumnya, zat warna yang digunakan pada industri tekstil adalah Remazol Red. Adanya kandungan Remazol Red pada limbah dapat berdampak pada terganggunya ekosistem perairan dan kesehatan karena bersifat karsinogenik. Maka dari itu, diperlukan proses pengolahan limbah cair yang efektif dan efisien untuk menyisihkan kandungan Remazol Red di dalam limbah cair. Teknologi membran nanofiltrasi dapat diaplikasikan untuk menyisihkan zat warna Remazol Red karena memiliki ukuran pori dengan rentang 200 – 500 Da, sedangkan Remazol Red memiliki Molecular Weight Cut Off (MWCO) 984,2 Da. Adapun dua jenis konfigurasi aliran pada membran yaitu dead-end dan crossflow. Oleh karena membran memiliki dua konfigurasi maka pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konfigurasi terhadap kinerja membran.

Membran nanofiltrasi dapat dibuat dengan struktur komposit film tipis dengan membentuk lapisan tipis selektif poliamida diatas support membrane. Lapisan poliamida dibuat dengan metode interfacial polymerization antara TMC/n-hexane dan MPD/air.

Oleh karena limbah cair tekstil mengandung NaCl maka pada penelitian ini dilakukan penyisihan Remazol Red dengan konsentrasi 200 ppm dan variasi konsentrasi NaCl sebesar 0 ppm, 400 ppm, 800 ppm, 1200 ppm, 1600 ppm dan 2000 ppm. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi NaCl terhadap permeabilitas dan rejeksi pada membran nanofiltrasi komposit film tipis poliamida. Karakterisasi membran berdasarkan uji FTIR, menunjukkan terbentuknya poliamida dengan adanya gugus fungsi asam karboksilat (-OH), keton (C=O), dan amida (N=H). Pada penyisihan Remazol Red dengan aliran dead end permeabilitas menurun dari 38,5 LMH/Bar ke 32 LMH/Bar dan rejeksi 82,35% sedangkan pada aliran crossflow permeabilitas cenderung konstan sebesar 58,5 LMH/Bar dan rejeksi 77,37%. Adanya penambahan NaCl pada larutan umpan, menyebabkan baik nilai permeabilitas dan rejeksi menurun. Permeabilitas menurun dari 57,03 LMH/bar menjadi 50,50 LMH/bar dan rejeksi menurun dari 76,9% menjadi 73,9%.

Kata Kunci : Poliamida, Membran Nanofiltrasi, NaCl, *Remazol Red*



## SUMMARY

**Kharisma Ghanyssyafira and Wahyu Fiqih Virdiansyah**, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, January 2021, Removal of Remazol Red Using Polyamide Thin Film Composite Nanofiltration Membrane, Supervisors : Nurul Faiqotul Himma, S.T., M.T and Ir. Bambang Ismuyanto, M.S.

The textile industry produces wastewater with a dye content of about 40%. Generally, Remazol Red is used in the textile industry. The presence of Remazol Red in wastewater causes disruption of aquatic ecosystems and human health due to it being carcinogenic. Therefore, a wastewater treatment process is needed to remove the Remazol Red content in the wastewater. Nanofiltration membrane technology can be applied to remove Remazol Red because it has a pore size in the range of 200-500 Da, while Remazol Red has a Molecular Weight Cut Off (MWCO) of 984,2 Da. There are two types of flow configurations in the membrane process, dead-end and crossflow. This study aims to determine the effect of flow configuration on membrane performance. Nanofiltration membranes can be made with a thin-film composite structure by forming a polyamide selective layer over the membrane support. Polyamide was made by an interfacial polymerization method with TMC/n-hexane solution and MPD/water solution.

Textile wastewater contains a large amount of NaCl salt. Therefore, in this study removal of Remazol Red with a concentration of 200 ppm and variations in NaCl concentration of 0 ppm, 400 ppm, 800 ppm, 1200 ppm, 1600 ppm and 2000 ppm was carried out to determine the effect of NaCl concentration on permeability and rejection of polyamide thin film composite nanofiltration membranes. The membrane characterization based on the FTIR test showed the formation of polyamides in the presence of carboxylic acid (-OH), ketone (C=O), and amide (N=H) functional groups. Removal of remazol Red with dead-end configuration showed permeability slightly decreased from 38,5 LMH/Bar to 32 LMH/Bar and rejection 82,35% while in crossflow configuration the permeability tends to be constant at 58,5 LMH/Bar and rejection showed is 73,37%. The addition of NaCl in the feed solution affects both the permeability and rejection decrease. Permeability decreased from 57,03 LMH/bar to 50,50 LMH/bar and the rejection decreased from 76,9% to 73,9%.

**Key Note : Polyamide, NaCl, Nanofiltration Membrane, *Remazol Red***







# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Limbah cair industri tekstil merupakan salah satu faktor penyebab utama pencemaran pada air. Pembuangan limbah cair tekstil ke lingkungan tentu akan berdampak negatif pada estetika dan biota air. Umumnya, limbah cair tekstil merupakan limbah berwarna dengan kandungan zat warna sebesar 40% (Sastrawidana dan Racmawati, 2016). Kepekatan warna pada limbah dapat menghalangi sinar matahari masuk sehingga proses fotosintesis akan terganggu dan oksigen untuk biota air akan berkurang. Maka dari itu, perlu dilakukan pengolahan limbah cair pada buangan industri tekstil.

Pada proses pencelupan warna di industri tekstil, zat warna reaktif *azo* terbuang ke lingkungan (Sastrawidana dan Racmawati, 2016). Zat warna reaktif *azo* memiliki gugus benzena 60 % - 70% yang sangat sulit didegradasi (Wijaya dkk, 2006). Apabila terbuang ke lingkungan, senyawa *azo* dapat menyebabkan masalah kesehatan karena bersifat karsinogenik (Christina, dkk., 2007). Zat warna reaktif *azo* yang sering digunakan pada tekstil adalah *Remazol Red*. Zat warna *Remazol Red* merupakan jenis pewarna tekstil yang cukup mudah untuk diaplikasikan dibanding pewarna lain seperti indigosol dan naftol karena *Remazol Red* dapat larut dalam air (Fatimah, dkk. 2018). Umumnya, limbah cair tekstil mengandung *Remazol red* sebesar 70 ppm hingga 200 ppm (Avlonitis dkk, 2008). Berdasarkan standarisasi WHO (1997), batas ambang zat warna pada air minum adalah 15 ppm dan untuk standar baku mutu air bersih berdasarkan peraturan MENKES nomor 416 (1990) kadar maksimum zat warna pada air adalah 50 TCU.

Pengolahan limbah tekstil dapat dilakukan secara fisika-kimia dengan metode koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan flotasi sedangkan pengolahan limbah secara biologi dilakukan dengan proses aerob dan anaerob. Akan tetapi, pengolahan limbah tersebut memiliki beberapa kelemahan yaitu bahan-bahan yang digunakan relatif mahal, kesulitan dalam penggabungan dengan metode pemisahan lain (*hybrid*), tidak dapat dilakukan kontinyu, konsumsi energi yang relatif tinggi, serta menghasilkan *sludge* sehingga perlu adanya prasarana dan biaya lebih untuk pengolahannya. Metode pengolahan limbah yang banyak dikembangkan adalah teknologi membran



karena memiliki beberapa keunggulan yaitu dapat dilaksanakan secara kontinu, konsumsi energi yang relatif rendah, mudah dipadukan dengan teknologi pemisahan lain (*hybrid*), mudah untuk dimodifikasi dan *up-scaling*.

Teknologi membran yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair tekstil adalah membran jenis nanofiltrasi. Hal ini dikarenakan membran nanofiltrasi memiliki ukuran pori dengan rentang 0,5-1 nm (Baker, 2004) atau 200 – 500 Da (Park dan Snyder, 2019) sedangkan, *Remazol Red* memiliki *Molecular Weight Cut Off* (MWCO) 984,2 Da (Aryanti dkk., 2020). Dimana terdapat dua konfigurasi aliran yang dapat digunakan dalam teknologi membran yaitu aliran *dead-end* dan *crossflow*.

Membran nanofiltrasi umumnya dapat dibuat dengan struktur *thin film composite* atau komposit film tipis dimana membran tersebut dibuat dengan membentuk lapisan tipis diatas substrat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Maurya dkk. (2012) membran komposit film tipis poliamida yang dibentuk dari 2 % MPD dan 0,1 % TMC yang mampu menyisihkan zat warna *Rhodamin B* dengan rejeksi hingga 97%. Adapun penelitian Sutedja, dkk. (2017) membran komposit film tipis poliamida yang terbentuk dari 2 % MPD dan 0,2 % TMC dapat menyisihkan zat warna *Reactive Red 122* sebesar 88%. Oleh karena itu, aplikasi membran TFC pada pengolahan limbah cair tekstil banyak diminati lantaran memiliki lapisan tipis yang selektif dan memiliki selektivitas yang tinggi (Lau, 2016).

Pada limbah tekstil ternyata mengandung garam terlarut dalam air sebanyak 2000 ppm dimana terdapat kandungan NaCl sebesar 300 ppm yang timbul karena proses *scouring* (Yaseen dan Scholz, 2019). Akan tetapi, kajian terkait pengaruh konsentrasi garam NaCl terhadap zat warna *Remazol Red* menggunakan membran komposit film tipis poliamida dengan substrat tertentu masih terbatas. Oleh karena itu, dalam penelitian ini pemisahan dengan teknologi membran komposit film tipis poliamida dengan substrat *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) ditujukan untuk menyisihkan zat warna *Remazol Red* pada konfigurasi aliran *dead-end* dan *crossflow* untuk mengetahui pengaruh konfigurasi aliran dan adanya larutan garam NaCl dengan variasi konsentrasi garam yang berbeda-beda untuk mengetahui kondisi optimum dalam pemisahan membran.



## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh konfigurasi aliran membran terhadap permeabilitas dan rejeksi *remazol red* pada membran komposit film tipis poliamida?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi garam NaCl terhadap permeabilitas dan rejeksi *remazol red* pada membran komposit film tipis poliamida?

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini digunakan batasan masalah sebagai berikut:

1. Zat warna yang digunakan adalah limbah cair sintetik yang terbuat dari larutan *remazol red*.
2. Membran substrat yang digunakan adalah membran ultrafiltrasi *polyvinylidene fluoride* (UF PVDF).
3. Pemisahan dilakukan secara kontinu dengan kondisi operasi tekanan 2 bar dan suhu ruang.
4. Monomer yang digunakan untuk pembentukan poliamida adalah *trimesoyl chloride* dan *m-phenylenediamine*.
5. Kinerja membran ditentukan dari nilai permeabilitas dan rejeksi *remazol red*.

## 1.4 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh konfigurasi aliran membran terhadap permeabilitas dan rejeksi *remazol red* pada membran komposit film tipis poliamida.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi garam NaCl terhadap permeabilitas dan rejeksi *remazol red* pada membran komposit film tipis poliamida.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian sebagai berikut :

1. Memberikan ilmu terkait pengolahan limbah cair yang mengandung *Remazol red* dengan menggunakan membran komposit film tipis poliamida.
2. Memberikan ilmu terkait limbah cair yang mengandung *Remazol red* dan NaCl dengan menggunakan membran komposit film tipis poliamida.









*Lembar ini sengaja dikosongkan*







## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Limbah Cair Industri Tekstil

Limbah cair industri tekstil adalah salah satu penyebab utama pencemaran air. Pembuangan limbah cair tekstil pada lingkungan dapat berdampak negatif terhadap estetika air maupun biota air. Pada umumnya, limbah cair tekstil merupakan limbah berwarna dengan kandungan zat warna sebesar 40% (Sastrawidana dan Racmawati, 2016). Kandungan zat pencemar pada limbah cair industri tekstil bergantung pada proses yang dilakukan pada pabrik tersebut. Beberapa proses yang berpotensi menjadi keluaran zat pencemar adalah proses pemintalan, penenunan dan pencelupan. Proses pemintalan merupakan proses pembuatan benang dari serat-serat kapas, poliester maupun bahan lainnya. Proses penenunan merupakan proses penyusunan benang menjadi kain. Kain hasil dari proses penenunan selanjutnya akan di proses untuk pencelupan guna meningkatkan nilai komersialitas kain. Pada proses celup zat warna tekstil inilah, sebesar 40% zat warna reaktif terbuang ke lingkungan (Sastrawidana dan Racmawati, 2016). Zat warna turunan azo memiliki gugus benzena 60 % - 70% yang sangat sulit didegradasi (Wijaya, dkk., 2006). Kepekatan warna pada limbah dapat menghalangi sinar matahari masuk sehingga proses fotosintesis akan terganggu dan oksigen untuk biota air akan berkurang. Maka dari itu, pengolahan limbah cair pada industri tekstil perlu dilakukan.

Proses produksi tekstil secara umum adalah *desizing*, *scouring*, *bleaching*, *mercerizing* serta pencelupan (*dyeing*). Proses *Desizing* merupakan proses yang bertujuan untuk menghilangkan sisa bahan seperti pati dan polivinil alkohol. Proses *scouring* adalah proses penghilangan pengotor alami yang terkandung pada sebuah kain. Penghilangan pengotor alami pada kain menggunakan metode saponifikasi pada pH yang tinggi. Sabun dan juga deterjen ditambahkan selama proses *scouring* berlangsung guna mengendapkan zat - zat kalsium, magnesium dan besi yang terdapat pada kain. Kemudian, proses *bleaching* bertujuan untuk menghilangkan zat warna yang tidak diinginkan pada kain. Pada proses *Mercerizing*, sebuah kain di proses menggunakan larutan alkali pekat untuk meningkatkan kemampuan suatu serat mengikat zat warna dan membuat penampakan kain lebih lembut (Sunarto,

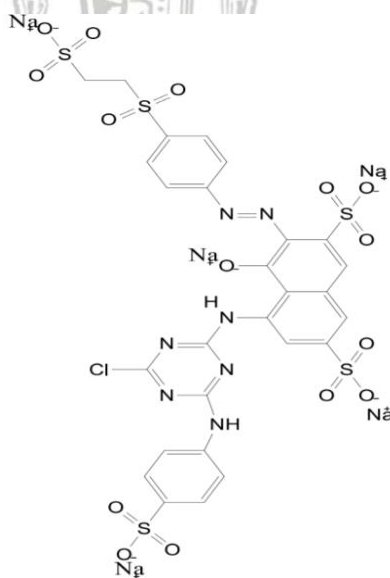


2008). Pada proses *scouring* terdapat keluaran limbah berupa garam sebanyak 2000 ppm (Yaseen dan Scholz, 2019). Berikut merupakan tabel informasi terkait beberapa komponen dalam limbah cair tekstil beserta baku mutunya :

**Tabel 2.1** Komponen Zat Pencemar dan Baku Mutu Limbah Cair Tekstil

No	Parameter	Baku Mutu Limbah	Ghalay dkk. 2014	Avlonitis dkk, 2008	Zhang dkk, 2012
1.	COD (mg/l)	150 (MENLH,1995)	160-1200	-	311-578
2.	BOD (mg/l)	60 (MENLH,1995)	80-6000	-	-
3.	TSS (mg/l)	50 (MENLH,1995)	100-8000	-	-
4.	Dye (mg/l)	50 (WHO,1997)	-	70 – 200	-
5.	Salinitas (mg/l)	-	-	-	2000
6.	NaCl (mg/l)	-	-	300	-

## 2.2 Remazol Red



**Gambar 2.1** Struktur *Remazol Red*

(Sumber: Clark, 2011)



Zat warna *Remazol Red* merupakan zat warna yang sering digunakan pada pewarnaan industri tekstil baik dalam skala industri besar maupun *home industry* contohnya adalah *Remazol Red* (Catanho, 2006). *Remazol Red* memiliki berat molekul sebesar 984,2 Da (Aryanti dkk., 2020). *Remazol Red* juga merupakan salah satu zat warna yang bersifat anionik apabila terlarut dalam *aqueous solution*. Hal tersebut terjadi karena adanya gugus *vinyl sulfone* (Ganesh R, 1994). Zat warna *Remazol Red* merupakan jenis pewarna tekstil yang cukup mudah untuk diaplikasikan dibanding pewarna lain seperti indigosol dan naftol karena *Remazol Red* dapat larut dalam air (Fatimah, Alimuddin dan Gunawan, 2018).

Zat warna pada umumnya tersusun atas :

- a. Zat organik tak jenuh
- b. Gugus Kromofor

Gugus kromofor merupakan gugus yang dapat memberi efek warna pada suatu molekul. Senyawa yang mengandung gugus kromofor disebut kromogen.

Berikut adalah berbagai jenis kromofor yang sering digunakan :

- a. Gugus Azo :  $-N = N-$
  - b. Gugus Nitro :  $-NO_2$
  - c. Gugus Karbonil :  $-C = O$
  - d. Gugus Nitroso :  $-NO$
  - e. Gugus Ausokrom
- Gugus ini merupakan gugus yang mengaktifkan kerja kromofor dan memberikan daya ikat terhadap serat yang akan diwarnainya. Gugus ausokrom dibagi menjadi dua golongan, yaitu :
- a. Golongan kation :  $NH_2, NH Me, N Me_2$
  - b. Golongan anion :  $SO_3H, OH, COOH$

Berikut adalah karakteristik *Remazol Red* (lookchem, 2005) :

- a. Agen pengoksidasi kuat
- b. Berbahaya jika dihirup

Dapat menyebabkan iritasi pada bagian lendir dan saluran pernapasan atas.

Jika terhirup segera hubungi tenaga ahli / fisikawan.

- c. Berbahaya jika berkontak dengan kulit

Menyebabkan iritasi pada kulit sehingga apabila berkontak langsung dengan *Remazol Red* maka segera membilasnya dengan sabun dan air.

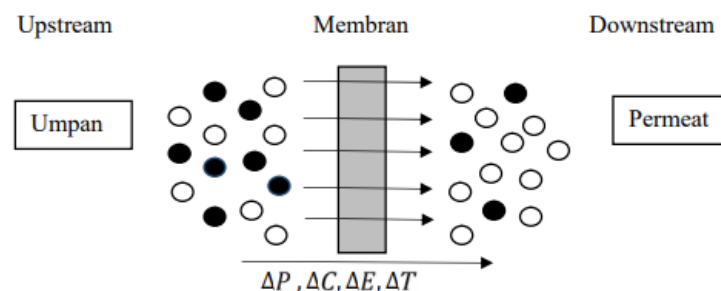


- d. Berbahaya jika berkontak dengan mata  
Menyebabkan iritasi pada mata. Apabila terkontak dengan mata bilas dan aliri mata dengan air kurang lebih selama 15 menit.

## 2.3 Teknologi Membran

### 2.3.1. Proses Pemisahan Membran

Proses pemisahan membran dapat terjadi lantaran membran mempunyai sifat selektifitas. Selektifitas adalah kemampuan untuk memisahkan suatu partikel pada suatu campuran sehingga membran dapat bertindak menjadi filter yang sangat spesifik. Partikel dengan ukuran yang lebih besar daripada pori membran akan tertahan pada permukaan membran sedangkan partikel yang berukuran lebih kecil daripada pori membran, akan dapat dengan mudah menembus pori membran (Kesting, 2000). Campuran yang akan dipisahkan pada membran disebut umpan (*feed*) sedangkan hasil dari proses pemisahan membran disebut sebagai permeat (Pratomo, 2003). Proses pemisahan dengan membran dapat terjadi karena adanya *Driving force* yang terjadi karena adanya gradien pada sisi membrane yang bersebrangan yang secara umum dikategorikan menjadi *pressure driven* dan *non-pressure driven*. Pada membran *pressure driven*, gaya dorong berupa perbedaan tekanan. Sedangkan, membran *non-pressure driven* memiliki gaya dorong berupa gradien suhu, gradien konsentrasi, dan potensial listrik (Madsen, 2014).



**Gambar 2.2** Proses Pemisahan dengan Membran

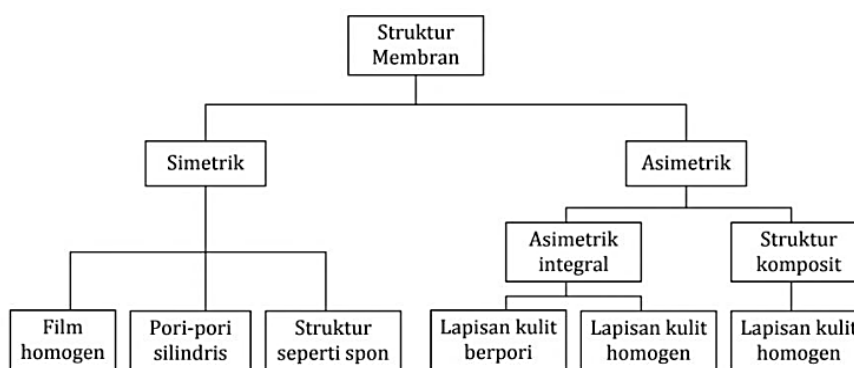
(Sumber: Mulder, 1996)

### 2.3.2 Struktur Membran

Membran adalah suatu lapisan tipis yang digunakan untuk memisahkan suatu komponen pada suatu campuran (Baker, 2004). Berdasarkan struktur dan morfologinya membran dapat digolongkan kedalam beberapa jenis sebagai berikut

(Gambar 2.3) :





**Gambar 2.3** Struktur Membran

Sumber : Stratmann, dkk (2010) dalam Saptati N.H dan Himma (2018)

a. Membran asimetrik

Membran ini merupakan membran yang tersusun atas lapisan aktif dan lapisan pendukung (*Support*). Membran asimetrik dapat dibagi menjadi dua yaitu membran asimetrik integral dan membran struktur komposit. Pada membran asimetris ukuran pori dan kerapatan pori tidaklah sama. Ukuran pori pada bagian atas (lapisan aktif) lebih kecil dibandingkan bagian pendukung (*support*). Ketebalan apisan aktif adalah 0,1-0,5  $\mu\text{m}$  dan untuk lapisan pendukung berukuran antara 50-150  $\mu\text{m}$ .

b. Membran simetris

Membran simetris adalah membran dengan ukuran pori serta kerapatan pori yang sama pada seluruh bagian. Membran simetris tidak mempunyai lapisan *support*. Ketebalan membran simetris berkisaran antara 10-200  $\mu\text{m}$ .

Berdasarkan pori pada membran, membran dapat di klasifikasikan menjadi dua jenis yaitu sebagai berikut :

a. Membran rapat

Memiliki lapisan yang rapat berupa lapisan tipis dengan ukuran pori yang kecil dan sangat rapat. Membran rapat atau tak berpori dapat diaplikasikan untuk memisahkan suatu molekul berukuran kecil dengan berat molekul yang relative rendah rendah. Permeabilitas dan permselektifitas ditentukan oleh sifat dan jenis polimer dari membran yang digunakan (Kesting, 2000).

b. Membran berpori



Membran ini mempunyai ukuran yang pori dan kerapatan pori yang lebih besar.

Membran berpori ini dapat digunakan untuk proses ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi.

Berdasarkan bentuknya membran dapat diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu (Rautenbach, 1997) :

- Membran *flat sheet*

Mempunyai bentuk *flat sheet* dengan penampang lintas yang besar dan lebar.

- Membran spiral

Membran spiral merupakan membran datar yang disusun bertingkat membentuk gulungan dengan pipa sentral membentuk spiral.

- Membran tubular

Membran tubular merupakan membran dengan bentuk pipa panjang. Membran jenis ini dapat digolongkan menjadi tiga kelompok yaitu :

- a. Membran serat berongga ( $d < 0,5 \text{ mm}$ )
- b. Membran kapiler ( $0,5\text{-}5,0 \text{ mm}$ )
- c. Membran tubular ( $d > 5,0 \text{ mm}$ )

Berdasarkan gradien tekanan sebagai *driving force* membran dapat dibagi menjadi (Mulder, 1996) :

- a. Mikrofiltrasi (MF)

Mikrofiltrasi merupakan membran yang pertama kali dipopulerkan oleh Sartorius W tahun 1927 di Jerman. Pada membran Mikrofiltrasi, garam tidak bisa di pisahkan. Proses pemisahan dengan MF dapat di operasikan dengan tekanan yang relatif rendah yaitu  $0,1 - 2 \text{ bar}$ . Ukuran pori pada membran MF berukuran antara  $0,02$  hingga  $10 \mu\text{m}$ .

Membran jenis ini dapat di aplikasikan untuk memisahkan bakteri E.Coli dan minyak.

- b. Ultrafiltrasi (UF)

Ultrafiltrasi termasuk pada jenis membran yang berpori sehingga membran mampu memisahkan partikel dengan ukuran  $0,01 - 1 \text{ mikron}$ . Membran jenis ini dapat memisahkan koloid, makromolekul serta mikroorganisme. Prinsip pemisahan membran pada ultrafiltrasi adalah berdasarkan ukuran molekul dengan menggunakan perbedaan tekanan sebagai gaya dorong. Ultrafiltrasi dioperasikan dengan tekanan  $1 - 10 \text{ atm}$ . Membran ini beroperasi dengan tekanan berkisar  $1\text{-}5 \text{ bar}$ .



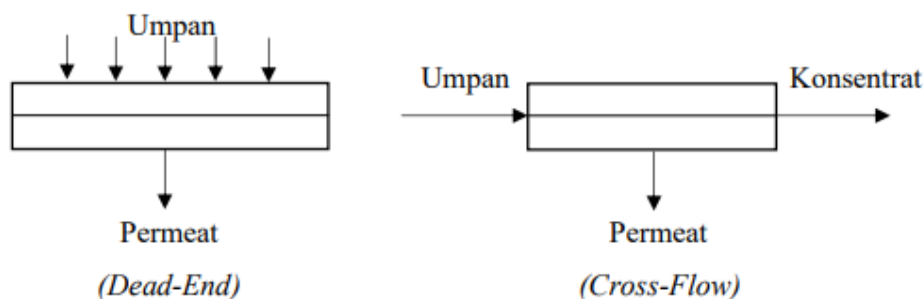
c. Nanofiltrasi (NF)

Ukuran pori membran Nanofiltrasi (NF) dibawah 2 nm. Membran NF menahan sebagian ion dan melewatkan ion yang lebih kecil. Umumnya, membran dipakai jika kita ingin memisahkan *desirable component* dari *undesirable component* yang sulit dipisahkan karena ukuran partikel terlalu kecil. Membran ini dapat beroperasi dengan tekanan berkisar 5 – 20 bar.

d. *Reverse Osmosis*

Membran *reverse osmosis* adalah proses pemisahan yang diaplikasikan guna memisahkan suatu zat terlarut dengan berat molekul yang rendah contohnya garam anorganik, glukosa dan sukrosa dari larutannya. Membran ini beroperasi dengan tekanan berkisar 10 – 100 bar.

Pada umumnya terdapat dua jenis konfigurasi aliran pada proses pemisahan yang menggunakan teknologi membran. Kedua jenis aliran tersebut yaitu aliran *Dead-End* dan aliran *Cross-Flow*. Perbedaan kedua konfigurasi aliran tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



**Gambar 2.4** Tipe Konfigurasi Aliran

(Sumber: Mulder, 1996)

Pada proses filtrasi konfigurasi aliran *Dead-End*, *feed* dialirkan secara tegak lurus dengan permukaan membran. Maka dari itu, partikel akan ter-akumulasi sehingga membentuk sebuah lapisan pada permukaan membran atau disebut juga *cake layer*. Hal tersebut tentu saja dapat mempengaruhi penurunan nilai fluks dan rejeksi. Pada jenis konfigurasi aliran *CrossFlow*, *feed* mengalir pada sepanjang permukaan membran atau dapat disebut searah sehingga hal tersebut membuat melambatnya akumulasi.



### 2.3.3 Kinerja Membran

Kinerja membran atau efisiensi membran dapat dilihat pada dua parameter berikut yaitu fluks dan rejeksi. Secara kuantitas, fluks merupakan pernyataan dari nilai permeabilitas. Nilai permeabilitas pada suatu membran menyatakan nilai kecepatan dari suatu komponen yang mampu menembus membran. Nilai permeabilitas dapat dipengaruhi oleh jumlah pori, ukuran pori, tekanan operasi dan ketebalan membran. Fluks merupakan pernyataan dari banyaknya partikel yang mampu melewati/menembus membran pada luasan membran tertentu persatuan waktu.

Fluks dapat dinyatakan sebagai persamaan berikut (Mulder, 1996):

$$J = \frac{V}{A \times t} \quad (2.1)$$

Keterangan :

J= Fluks(L/m<sup>2</sup>. Jam)

V= Volume(L)

A= Luas Permukaan(m<sup>2</sup>)

T= Waktu(Jam)

Permeabilitas dapat dinyatakan sebagai berikut (Mulder, 1996) :

$$L_p = \frac{J}{\Delta P} \quad (2.2)$$

Keterangan :

Lp = Permeabilitas(L/m<sup>2</sup>.Jam.Bar)

ΔP = Tekanan(Bar)

Rejeksi dinyatakan sebagai fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak mampu melewati/menembus membran. Rejeksi dapat ditentukan oleh besar-kecilnya ukuran pori membran. Rejeksi dinyatakan sebagai berikut (Mulder, 1996):

$$\%R = \frac{c_f - c_p}{c_f} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan :

%R= Persen Rejeksi

Cf = Konsentrasi Feed(ppm)

Cp = Konsentrasi Permeat(ppm)



Apabila dibandingkan dengan teknologi pemisahan lainnya, teknologi membran memiliki keunggulan yaitu (Mulder, 1996):

- Dapat dilaksanakan secara kontinu (*continuous*).
- Konsumsi energi yang relatif rendah.
- Dapat digabungkan dengan teknologi pemisahan lain.
- Dapat dioperasikan pada *mild condition* (Tidak pada tekanan dan temperatur yang tinggi).
- Dapat dimodifikasi atau dikembangkan.
- Mudah untuk dilakukan *up-scaling*.

Pada pengoperasian membran perlu memperhatikan beberapa hal yaitu penyumbatan dan *fouling*, selektivitas yang rendah, dan umur membran yang singkat. Masalah umum yang sering terjadi salah satunya penyumbatan. Hal ini terjadi akibat partikel yang menumpuk pada permukaan pori membran pada suatu waktu tertentu. Jenis penyumbatan bergantung pada beberapa faktor diantaranya: karakteristik umpan, perancangan proses, dan karakteristik membran. Tiga jenis penyumbatan yang sering terjadi pada membran diakibatkan oleh partikel, *scaling*, dan *biofouling*. Maka dari itu, adanya kontaminasi menyebabkan beban kerja yang dibutuhkan lebih tinggi untuk menjamin membran memiliki kapasitas yang berkelanjutan. Ketika beban kerja yang diterapkan terlalu tinggi menyebabkan proses tidak ekonomis. Beberapa cara untuk meminimalkan penyumbatan yang terjadi dengan cara melakukan sistem backwash, menaikkan pH sistem, serta menggunakan zat desinfektan untuk mencegah *biofouling*. Sedangkan cara untuk mengurangi penyumbatan adalah dengan menggunakan cairan kimia atau *flushing*.

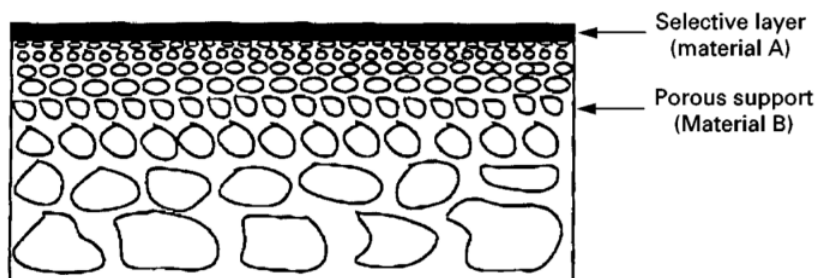
## 2.4 Membran Komposit Film Tipis Poliamida

Secara definisi, membran komposit film tipis poliamida termasuk pada membran asimetri yang terdiri atas lapisan aktif poliamida dan lapisan pendukung yang berpori. Poliamida (PA) merupakan polimer yang gugus monomernya dihubungkan dengan gugus amida ( $-C(=O)-NH-$ ). Polimer jenis ini dapat dengan mudah disintesis dengan teknik polimerisasi antarmuka (IP). Konsep IP pertama kali diperkenalkan oleh Morgan pada tahun 1960-an. Pengembangan teknik IP pada teknologi membran memiliki hasil yang maksimal dimana, lapisan tipis selektif PA (dengan ketebalan antara 100 dan 500 nm) dapat terbentuk di atas permukaan



membran pendukung, sehingga menghasilkan membran komposit film tipis (TFC) dengan fluks air dan rejeksi zat terlarut yang baik (Lau dan Ismail, 2009).

Lapisan film tipis (TFC) pada membran komposit poliamida jenis nanofiltrasi (NF) dan juga *reverse osmosis* (RO) telah banyak digunakan pada industri dalam aplikasi pemurnian air, pengolahan air limbah, desalinasi, pengolahan makanan, dan bio-pemisahan. Membran PA TFC terdiri dari dua lapisan berbeda yang terbuat dari bahan berbeda seperti pada gambar berikut (Lau dan Ismail, 2009):



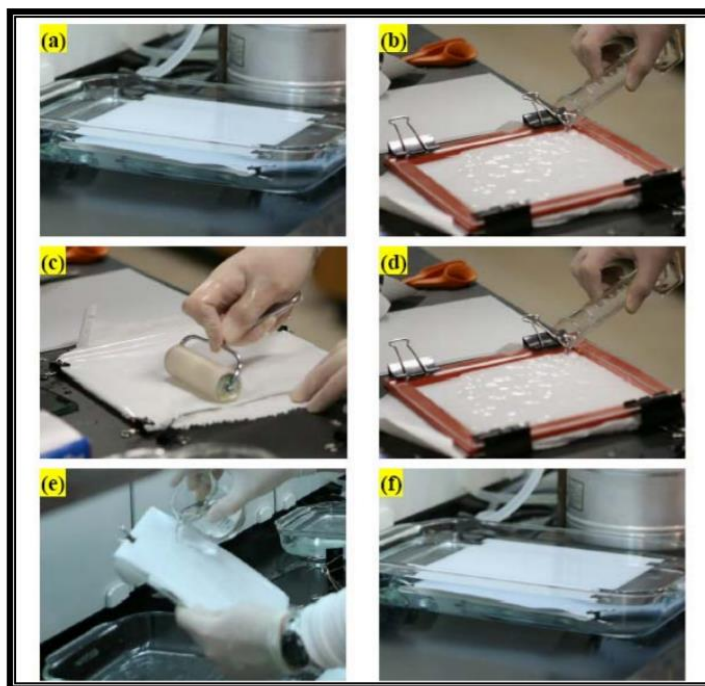
**Gambar 2.5** Lapisan Pada Membran PA-TFC

(Sumber: Lau dan Ismail, 2009)

Pada gambar 2.5 dapat diketahui jika *top layer* adalah lapisan tipis selektif PA dimana lapisan tersebut dibuat dengan teknik IP antara dua monomer. Umumnya, monomer yang digunakan adalah monomer reaktif golongan amin dan asil klorida. Pada lapisan pendukung, membran yang sering digunakan adalah membran mikrofiltrasi atau ultrafiltrasi. Fabrikasi dengan teknik IP menghasilkan keuntungan yaitu lapisan atau substrat aktif dapat berdiri sendiri dan dapat dioptimalkan untuk mencapai sifat membran yang diinginkan seperti fluks tinggi / rejeksi yang tinggi ataupun kekuatan dan ketahanan mekanik yang lebih besar (Lau dan Ismail, 2009).

Pembentukan lapisan aktif yang sangat tipis pada bagian atas membran dibuat dengan cara sebagai berikut (S.K.Maurya, 2012) :



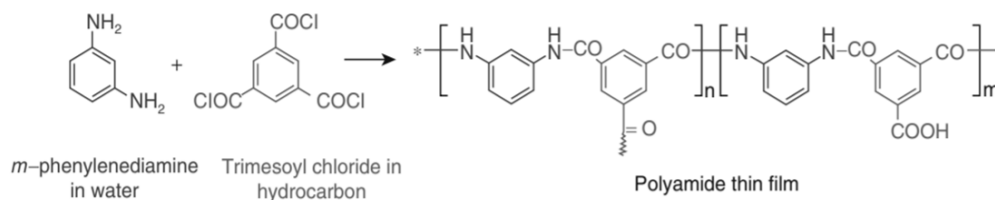


**Gambar 2.6** Persiapan pembuatan membran PA-TFC

(Sumber : Xie, dkk. 2012)

- Membran pendukung / *support membrane* direndam ke dalam larutan air yang terdiri dari monomer amina seperti *m-phenylenediamine* (MPD) dengan konsentrasi antara 0,1 wt% - 2 wt%.
- Sisa *droplets* dari larutan *aqueous* MPD akan di ratakan dengan bantuan *roller* sampai tidak ada *droplets* yang terlihat pada permukaan membran.
- Kemudian, dilanjutkan dengan perendaman ke dalam larutan *hexane* yang terdiri dari monomer asil klorida seperti *Trimesoyl chloride* (TMC) dengan konsentrasi antara 0,01 - 0,2 wt% yang tidak bercampur dengan larutan air.
- Membran kemudian dikenakan perlakuan panas berkisar antar 50 °C hingga 90 °C untuk memadatkan sifat polimerisasi lapisan PA atau meningkatkan adhesi tipis PA lapisan ke permukaan membran substrat.





**Gambar 2.7** Reaksi antara MPD dan TMC

Sumber: Lau dan Ismail, 2009

Pada tahap awal reaksi polimerisasi, reaksi tersebut berlangsung sangat cepat selama 300 s untuk menghasilkan film PA baru di permukaan membran pendukung. Setelah terbentuk lapisan film PA baru, reaksi polimerisasi akan terus berjalan namun berlangsung lambat karena film PA yang baru jadi menghambat difusi molekul MPD yang tersisa ke zona reaksi. Pada reaksi polimerisasi yang berjalan lambat tersebut terjadi pertumbuhan PA secara terus menerus. Polimerisasi akhirnya berhenti ketika resistensi perpindahan massa dari lapisan PA yang ada menjadi lebih besar dari kekuatan pendorong untuk difusi MPD ke zona reaksi.

Pada reaksi polimerisasi ini, diperlukan inisiator seperti panas untuk menyempurnakan pembentukan PA film pada sebuah membran. Berdasarkan penelitian Rao, dkk. (2003), semakin meningkatnya temperatur pengeringan yang digunakan menunjukkan fluks suatu membran menurun sedangkan, semakin rendahnya temperatur pengeringan menunjukkan hasil meningkatnya fluks air dan rejeksi menurun. Pada penelitian tersebut temperatur pengeringan yang paling optimal adalah pada 50°C.

Sifat kimia dan fisika dari lapisan film PA yang dibentuk dengan IP sangat bergantung pada sejumlah variabel penting meliputi jenis monomer, konsentrasi monomer, jenis pelarut hidrokarbon, kinetika keseluruhan dan laju difusi monomer, waktu reaksi, keberadaan aditif / surfaktan, pasca perawatan yang dihasilkan film PA antarmuka, dll. (Lau dkk., 2012). Semua variabel tersebut harus dipertimbangkan selama fabrikasi membran PA karena hal-hal tersebut yang berperan penting dalam mengatur kinerja sifat membran, sehubungan dengan permeabilitas ataupun selektivitas, ketahanan fouling, dan klorin toleransi.



## 2.5 Penelitian Terdahulu

**Tabel 2.2** Penelitian Tentang Membran Nanofiltrasi Komposit Film Tipis Poliamida Untuk Penyisihan Zat Warna

No	Peneliti (Tahun)	Membran Substrat	Monomer <sup>1</sup>	Larutan Umpan (Zat / Garam)	Permeabilitas (L/m <sup>2</sup> .h.bar)	Rejeksi
1.	S.K. Maurya, dkk. (2012)	PSF	TMC / MPD	-Rhodamine B/NaCl -Rhodamine B/Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Reactive Black 5/ NaCl - Reactive Black 5/ Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5.10 <sup>-3</sup> 17,5. 10 <sup>-3</sup>	60–97%
2.	Yua, dkk. (2010)	PSF	TMC / PIP	-Reactive Black 5 / NaCl	3,125	99%
3.	Hwan Mo, dkk. (2008)	PSF	TMC / PIP	- Direct Red 75,80,81/NaCl -Direct Red 75,80,81 / Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Direct Yellow 8,27 / NaCl - Direct Yellow 8,27 / Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	6,038	±99%
4.	Sutedja, dkk. (2017)	PSF	TMC/MPD	-RR 120 dye/-	153,2034	88%
5.	Zhou, dkk. (2020)	Inorganic Support	TMC/MPD	-Rhodamine B/-	1,8-4	99%

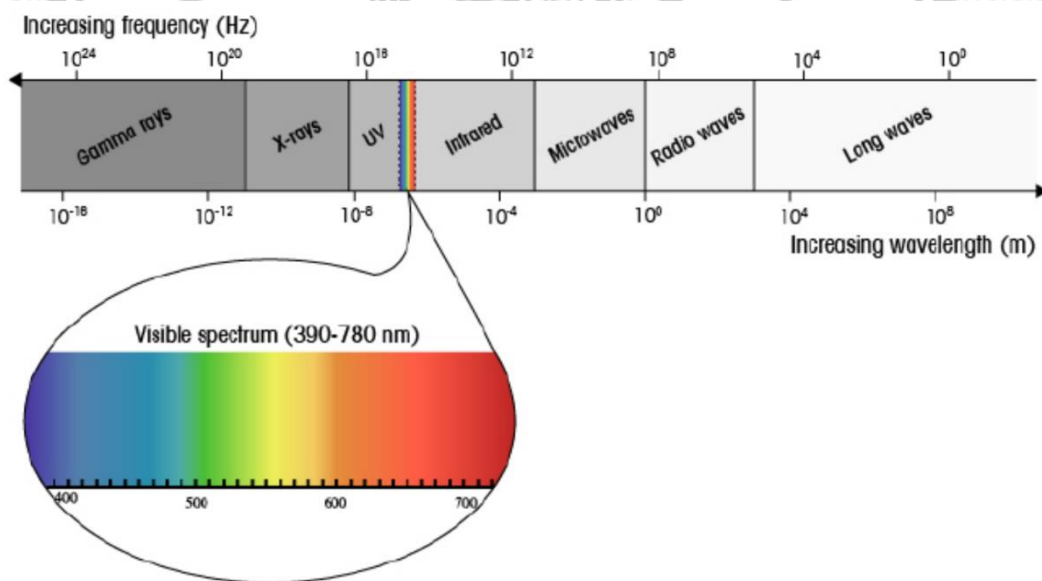
<sup>1</sup> Fase aqueous/ Fase organik



## 2.6 UV-VIS Spektrofotometri

Spektroskopi optik didasarkan pada interaksi cahaya dengan materi. Warna yang berbeda mewakili komponen yang berbeda dari cahaya tampak. Ketika sinar cahaya menyinari suatu objek, sinar cahaya mungkin diserap oleh objek. Warna-warna yang tidak diserap oleh benda akan dipantulkan. Secara fisika, cahaya adalah energi yang merambat dengan kecepatan yang sangat tinggi. Energi cahaya berosilasi secara berkala antara minimum dan maksimum sebagai fungsi waktu. Jarak antara dua maxima atau dua minima dari gelombang elektromagnetik didefinisikan sebagai panjang gelombang yang dinotasikan dalam nanometer (nm). Setiap warna memiliki panjang gelombang spesifik. Ketika panjang gelombang semakin pendek maka energinya semakin tinggi. Misalnya, cahaya ungu memiliki panjang gelombang yang lebih pendek daripada cahaya merah sehingga tingkat energinya lebih tinggi, sedangkan cahaya inframerah memiliki energi lebih sedikit daripada cahaya tampak karena panjang gelombangnya lebih panjang.

Gambar 2.8 Spektrum Cahaya Tampak



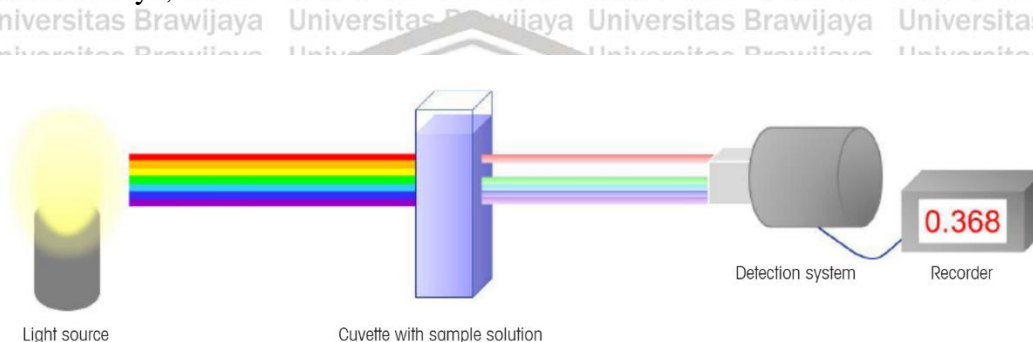
Sumber: Caro dan Claudia, 2015

Penyerapan cahaya dapat digunakan dalam kimia analisis untuk karakterisasi dan penentuan kuantitatif zat. UV-VIS spektrofotometri adalah teknik yang berdasarkan penyerapan cahaya oleh zat yang tidak diketahui. Sampel yang disinari dengan sinar elektromagnetik dari berbagai panjang gelombang dalam spektrum tampak (VIS/Visible) dan rentang yang berdekatan yaitu ultraviolet (UV) dan bagian dari daerah bawah inframerah (IR). Cahaya yang diserap bergantung pada jenis



zatnya. Sebagian cahaya yang tersisa dicatat sebagai fungsi panjang gelombang oleh detector memberikan spektrum UV-VIS. Karena setiap zat menyerap cahaya dengan cara yang berbeda maka, ada hubungan spesifik antara zat dan spektrum UV-VIS sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi atau mengukur suatu zat.

Spektrofotometer UV-VIS mengukur intensitas cahaya yang melewati larutan sampel pada kuvet dan membandingkannya pada intensitas cahaya sebelum melewati sampel. Komponen utama spektrofotometer UV-VIS adalah sumber cahaya, *sample holder*, alat pendispersi untuk memisahkan panjang gelombang cahaya, dan detector.



Gambar 2.9 Mekanisme Kerja Spektrofotometer UV-VIS

Sumber: Caro dan Claudia, 2015

## 2.7 Karakterisasi Scanning Electron Microscope (SEM)

Salah satu jenis mikroskop yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan gambar permukaan benda adalah SEM. Prinsip kerjanya adalah menembakkan electron berenergi tinggi pada permukaan benda. Electron yang ditembakkan memantul dan menghasilkan electron sekunder ke segala arah. Detector akan mendeteksi electron sekunder dan menentukan lokasi electron yang dipantulkan dengan intensitas yang tertinggi. Arah pantulan memberikan informasi pada detector mengenai profil permukaan benda (Abdullah dan Khairurrijal, 2008).

Pengukuran dengan SEM pada permukaan sampel tidak boleh terlalu lama. Hal ini dikarenakan elektron dengan energi tinggi yang digunakan dapat mencabut atom-atom di permukaan sampel. Hilangnya elektron pada permukaan menyebabkan permukaan tersebut rusak dengan cepat. Pada saat ini, SEM hanya dapat mengamati hingga pada perbesaran 50 nm. Ketika perbesaran diatas 50 nm maka gambar yang didapatkan akan kabur dan tidak terlihat jelas (Abdullah dan Khairurrijal, 2008).



## 2.8 Karakterisasi Fourier Transform InfraRed (FT-IR)

Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red atau FTIR termasuk dalam teknik analitik yang sangat membantu peneliti dalam proses pengidentifikasi struktur molekul pada suatu senyawa. Komponen utama pada FTIR adalah interferometer Michelson. Bagian tersebut mempunyai fungsi untuk menguraikan atau mendispersi radiasi inframerah yang kemudian diubah menjadi komponen - komponen frekuensi. Adanya interferometer Michelson pada alat FTIR memberikan keunggulan tersendiri dibandingkan metode spektroskopi inframerah konvensional dimana informasi struktur dari suatu molekul dapat diperoleh dengan tepat dan akurat. Keakuratan pada kasus ini adalah informasi yang dihasilkan tampak jelas dengan resolusi yang tinggi. Adapun keuntungan lain dari metode ini yaitu dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase baik gas, padat maupun cair.

## 2.9 Analisa Statistik Inferensial

Definisi statistika ialah ilmu yang mempelajari pengumpulan data, pengolahan data dan pengambilan kesimpulan berdasarkan data sampel pada sebuah populasi. Statistika terbagi menjadi dua yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensial. Statistika deskriptif merupakan ilmu yang mempelajari tentang bagaimana data dapat disajikan secara ringkas sehingga lebih mudah untuk dibaca dan dipahami. Sedangkan statistika inferensial merupakan ilmu yang mempelajari untuk menarik kesimpulan melalui data sampel pada sebuah populasi. Statistika inferensial dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Statistika parametrik adalah analisis statistika yang menggunakan asumsi jika data yang digunakan memiliki distribusi normal dan jenis datanya berdasarkan interval atau rasio. Contoh : korelasi pearson, ANOVA, Uji T, Uji F, regresi dan lain-lain.
2. Uji statistik non-parametrik merupakan analisis statistika yang menggunakan data nominal ataupun ordinal yang memiliki distribusi data yang tidak harus normal. Contoh : Korelasi spearman rank, kendal tau, chi kuadrat dan lain-lain.

Korelasi adalah teknik analisis untuk mengukur suatu hubungan (measure of association) yang mengacu pada sekumpulan teknik statistika bivariat yang bertujuan untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel. Teknik pengukuran korelasi yang sangat populer yaitu Korelasi Pearson dan Korelasi Rank Spearman. Korelasi



Pearson atau yang sering disebut Korelasi Product Moment (KPM) adalah alat uji statistik yang digunakan untuk menguji hipotesis asosiatif (uji hubungan) dua variabel bilamana datanya berskala interval atau rasio. Sedangkan, Korelasi Rank Spearman digunakan untuk mencari hubungan atau untuk menguji signifikansi hipotesis asosiatif bila masing-masing variabel yang dihubungkan berbentuk Ordinal (Hadi,2002). Adapun arah hubungan yang terdapat pada teknik ini antara lain :

- a. Hubungan positif: satu variabel meningkat maka meningkatkan variabel lain atau sebaliknya
- b. Hubungan negatif: satu variabel menurun maka menurunkan nilai variabel lain atau sebaliknya
- c. Tidak ada hubungan = 0

Analisa dapat dilakukan dengan bantuan software seperti SPSS (Package for the Social Sciences ). SPSS sangat populer di kalangan peneliti dan statistikawan untuk membantu melakukan perhitungan terkait analisis data. Langkah-langkah melakukan analisis korelasi pearson dengan SPSS adalah sebagai berikut (Santoso, 2005):

1. Buka software
2. Klik Analyze → Correlate → Bivariate
3. Klik Masukkan variabel X dan Y ke kotak Variables.
4. Pada bagian Correlation Coefficients, ceklist Pearson.
5. Pada bagian Test of Significance, ceklist Two-tailed.
6. Klik Options → Ceklist Means and standard deviations → Ceklist Exclude cases pairwise.
7. Klik Continue.
8. Klik OK.



Table 2.3 Interpretasi Nilai Korelasi Pearson

Nilai Korelasi	Interpretasi
0,00 – 0,30	Korelasi Diabaikan
0,31 – 0,50	Korelasi Lemah
0,51 – 0,70	Korelasi Sedang
0,71 – 0,90	Korelasi Tinggi
0,91 – 1,00	Korelasi Sangat Tinggi

Sumber: Mukaka, 2012

Untuk mengetahui adanya hubungan antara variabel  $x$  dan  $y$  dengan membandingkan nilai korelasi Pearson dengan nilai  $r$  tabel.

Table 2.4 Nilai  $r_{\text{tabel}}$ 

N (df)	Tingkat Signifikansi	
	5%	1%
3	0,997	0,999
4	0,950	0,990
5	0,878	0,959
6	0,811	0,917
7	0,754	0,874
8	0,707	0,834
9	0,666	0,798
10	0,632	0,765

Sumber: Siegle, 2015

Ketika nilai korelasi Pearson lebih besar daripada nilai  $r_{\text{tabel}}$  maka, hubungan antara variabel  $x$  dan  $y$  adalah berhubungan. Sedangkan saat nilai korelasi Pearson yang didapat kurang dari  $r_{\text{tabel}}$  maka, hubungan antara variabel  $x$  dan  $y$  adalah tidak berhubungan.



## BAB III

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif dalam skala laboratorium. Beberapa variasi perlakuan digunakan untuk mengetahui pengaruh permeabilitas dan selektivitas membran komposit film tipis poliamida terhadap penyisihan *Remazol red* dengan dan tanpa kandungan NaCl.

#### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2021 hingga bulan April 2021 dengan rincian tempat penelitian sebagai berikut:

- Laboratorium Sains, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang: analisa kandungan *remazol red* melalui uji spektrofotometri UV-Vis.
- Laboratorium Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya : karakterisasi gugus fungsi yang terkandung pada permukaan membran komposit film tipis poliamida melalui uji FT-IR (*Fourier Transform InfraRed*).
- Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju, FMIPA, Universitas Negeri Malang: mengetahui morfologi permukaan membran melalui uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

#### 3.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa variabel yang digunakan, yaitu variabel tetap, variabel bebas, dan variabel terikat.

##### 3.2.1 Variabel Tetap

Pada penelitian ini terdapat beberapa variabel tetap antara lain:

- Suhu filtrasi adalah suhu ruang.
- Konsentrasi Trimesoyl Chloride 0,1% (w/v).
- Konsentrasi M-phenyldiamine 2% (w/v).
- Remazol Red 200 ppm.
- Tekanan operasi 2 bar.



### 3.2.2 Variabel Bebas

- a. Kadar NaCl : 0 ppm, 400 ppm, 800 ppm, 1200 ppm, 1600 ppm, dan 2000 ppm
- b. Konfigurasi aliran membran : *dead-end* dan *crossflow*

### 3.2.3 Variabel Terikat

- a. Permeabilitas
- b. Rejeksi

## 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

### 3.3.1 Alat Penelitian

- a. Gelas beker
- b. Gelas ukur
- c. Pipet Ukur
- d. *Stopwatch*
- e. Bola hisap
- f. *Rubber Roller*
- g. Neraca digital analitik
- h. *Frame*
- i. *Housing Membrane*
- j. Alat filtrasi

### 3.3.2 Bahan Penelitian

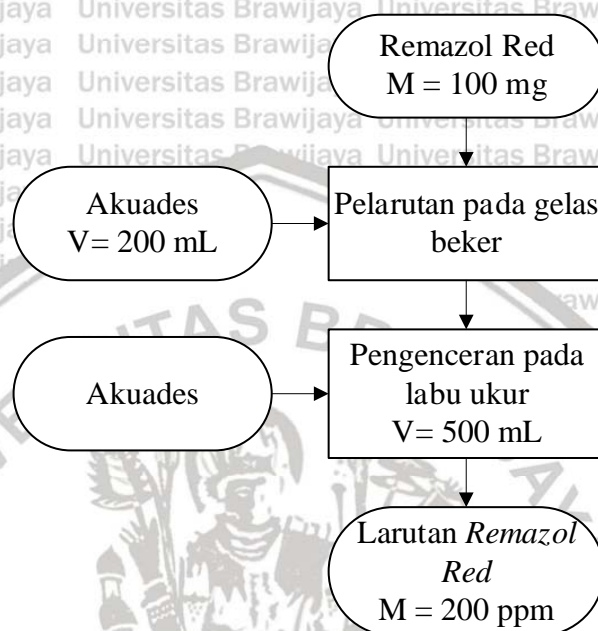
- a. Membran PVDF
- b. *Remazol Red*
- c. *Trimesoyl Chloride*
- d. *M-phenylediamine*
- e. Metanol
- f. Etanol
- g. Akuademin
- h. NaCl



### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Penyiapan Larutan *Remazol Red*

Pembuatan larutan *remazol red* dilakukan dengan melarutkan *Remazol Red* dengan berat 100 mg pada akuademin dengan volume 200 mL. Setelah itu dilakukan pengenceran dengan akuademin pada labu ukur hingga volume 500 mL. Sehingga didapatkan limbah tekstil dengan kandungan *remazol red* 200 ppm.

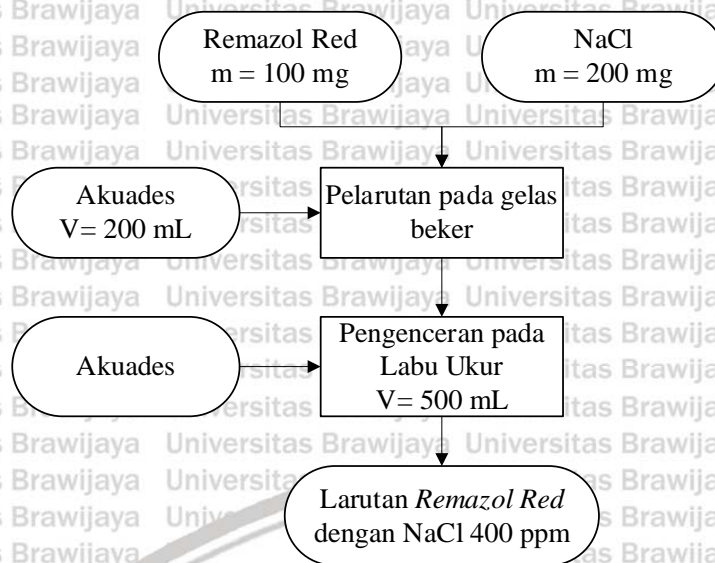


Gambar 3.1 Diagram Alir Persiapan Larutan *Remazol Red*

#### 3.4.2 Persiapan Larutan *Remazol Red* yang Mengandung NaCl

Pembuatan larutan *remazol red* yang mengandung NaCl dilakukan dengan melarutkan *Remazol Red* dengan berat 100 mg pada akuades dengan volume 200 mL. Setelah itu dilakukan penambahan NaCl 200 mg. Kemudian diencerkan dengan akuademin hingga volume 500 mL. Perbandingan rasio berat *remazol red* : NaCl yang di gunakan pada penelitian ini sebesar 1:2,1:4,1:6,1:8, dan 1:10. Dengan konsentrasi *remazol red* 200 ppm dan NaCl 400 ppm, 800 ppm, 1200 ppm, 1600 ppm, dan 2000 ppm.



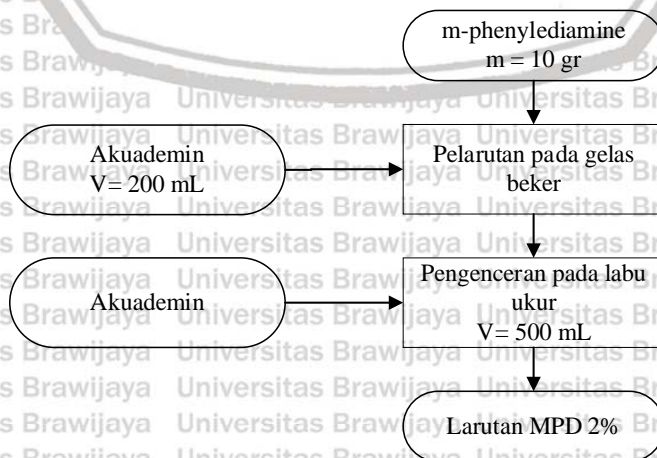


**Gambar 3.2** Diagram Alir Larutan *Remazol Red* yang Mengandung NaCl

Keterangan: Percobaan diulang dengan berat NaCl 400 mg, 600 mg, 800 mg, dan 1000 mg

### 3.4.3 Persiapan Larutan *m*-phenyldiamine

Pembuatan larutan *m*-phenyldiamine dilakukan dengan menimbang *m*-phenyldiamine menggunakan neraca digital analitik hingga berat konstan 10 g. Kemudian dilarutkan pada akuademin dengan volume 200 mL. Setelah itu, dilakukan pengenceran dengan akuademin hingga volume 500 mL. Sehingga didapatkan konsentrasi *m*-phenyldiamine 2% (w/v).

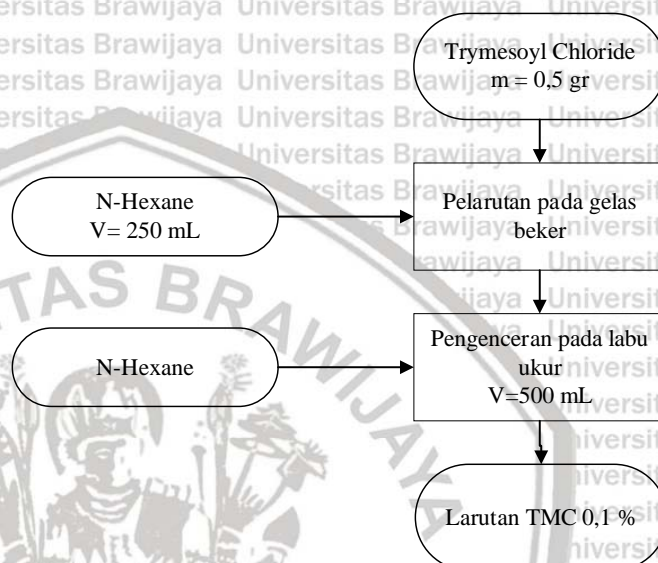


**Gambar 3.3** Diagram Alir Persiapan Larutan MPD



### 3.4.4 Persiapan Larutan Trimesoyl Chloride

Pembuatan larutan *Trimesoyl chloride* dilakukan dengan melarutkan *Trimesoyl chloride* pada *n-hexane*. *Trimesoyl chloride* ditimbang menggunakan neraca digital analitik hingga berat konstan 0,5 gram. Kemudian dilarutkan pada *n-hexane* dengan volume 200 mL. Setelah itu, dilakukan pengenceran dengan *n-hexane* hingga volume 500 mL. Sehingga didapatkan konsentrasi *Trimesoyl chloride* 0,1% (w/v).



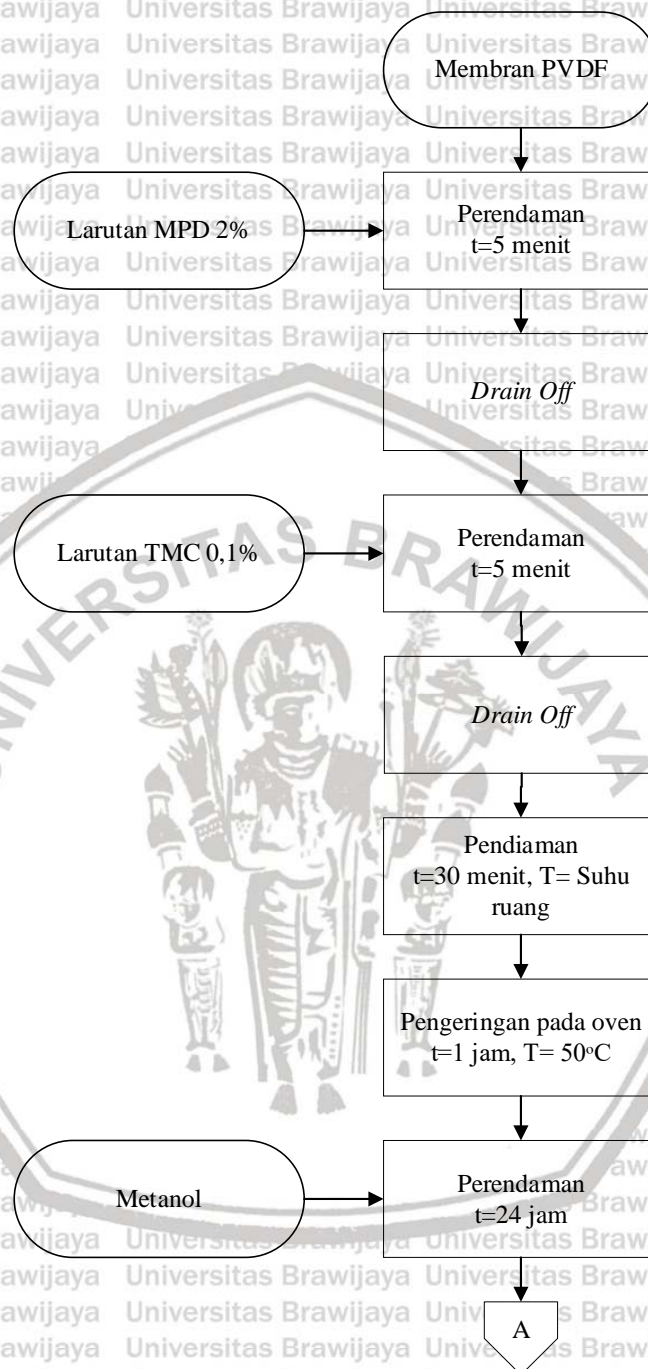
Gambar 3.4 Diagram Alir Persiapan Larutan TMC

### 3.4.5 Persiapan Membran Komposit Film Tipis Poliamida

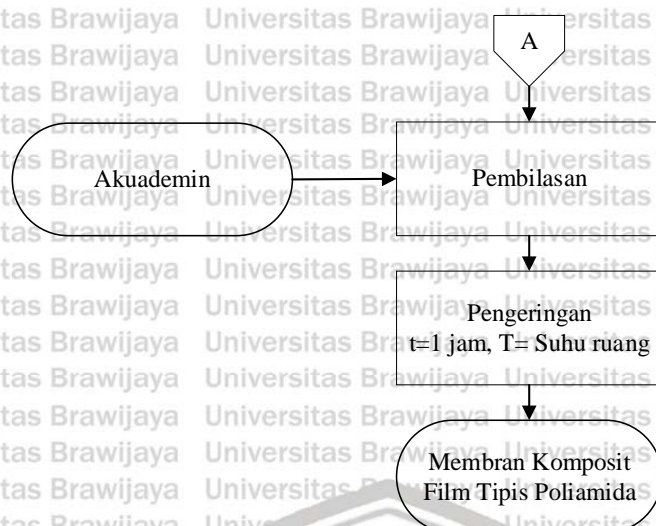
Pembuatan membran komposit film tipis poliamida diawali dengan perendaman membran PVDF pada etanol untuk menghilangkan zat yang tidak diinginkan selama proses penyimpanan. Setelah 15 menit perendaman, dilakukan pembilasan dengan akuademin. Dilakukan pengeringan selama 1 jam pada suhu ruang untuk memastikan membran PVDF kering. Kemudian dibuat lapisan film tipis poliamida diatas membran PVDF dengan mereaksikan MPD dan TMC. Dilakukan perendaman membran PVDF terlebih dahulu pada MPD selama 5 menit dan dilakukan *drain off* dilanjutkan dengan meratakan dengan *roller*. Perendaman membran pada TMC dilakukan selama 5 menit. Setelah itu dilakukan *drain off* kembali kemudian didiamkan pada suhu ruang selama 30 menit dan kemudian dikeringkan pada oven dengan suhu 50 °C selama 1 jam. Untuk menghilangkan monomer yang tidak bereaksi, maka perlu dilakukan perendaman pada metanol



selama 24 jam. Untuk tahap terakhir membran dicuci dengan akuademin dan dikeringkan pada suhu ruang selama 1 jam.





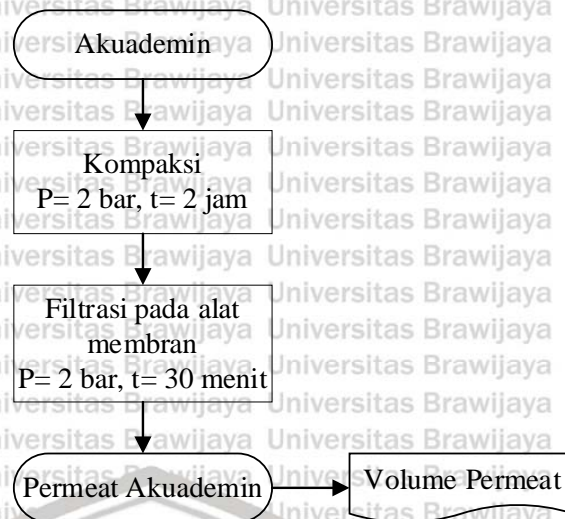


**Gambar 3.5** Diagram Alir Persiapan Membran Komposit Film Tipis Poliamida

### 3.4.6 Pengukuran Permeabilitas Air Murni

Pengukuran fluks air murni pada membran komposit film tipis poliamida dilakukan untuk mengetahui permeabilitas membran terhadap air murni yang tidak mengandung zat terlarut. Pengukuran fluks air murni dilakukan pada kondisi operasi 2 bar dan suhu ruang pada konfigurasi aliran *dead-end*. Sebelum digunakan membran dikompaksi selama 2 jam pada tekanan 2 bar untuk menyusun struktur pori membran agar lebih rapat dan membuat struktur membran lebih kompak. Untuk pengukuran permeabilitas dapat diukur melalui fluks membran menggunakan persamaan 2.1. Setelah didapatkan fluks membran, permeabilitas dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2



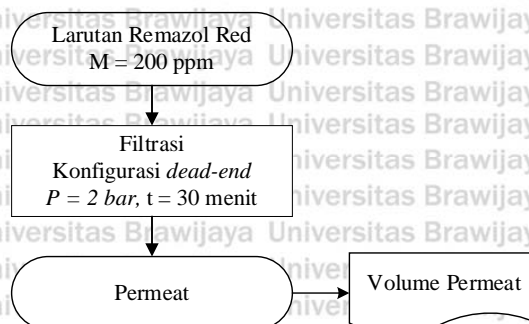


**Gambar 3.6** Diagram Alir Pengukuran Permeabilitas Air Murni

### 3.4.7 Pengukuran Permeabilitas Membran Komposit Film Tipis Poliamida

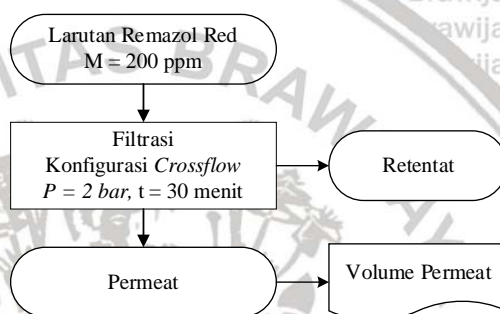
Membran komposit film tipis poliamida dipasang pada *Housing* membran. Kemudian dilakukan proses filtrasi menggunakan larutan *remazol red*. Kondisi operasi filtrasi pada suhu ruang dengan tekanan 2 bar. Pada proses filtrasi dilakukan pada larutan *remazol red* dengan kandungan NaCl dan tanpa kandungan NaCl. Untuk konfigurasi yang digunakan adalah *dead-end* dan *cross flow*. Pengukuran permeabilitas dilakukan 30 menit setelah tekanan konstan tercapai. Untuk pengukuran permeabilitas dapat diukur melalui fluks membran pada persamaan 2.1. Setelah didapatkan fluks membran, permeabilitas dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2





**Gambar 3.7** Diagram Alir Pengukuran Permeabilitas Membran Komposit Film Tipis Poliamida dengan konfigurasi *dead-end*

Keterangan: Prosedur diulang dengan larutan *remazol red* yang mengandung NaCl dengan perbandingan berat 1:2,1:4,1:6,1:8, dan 1:10.

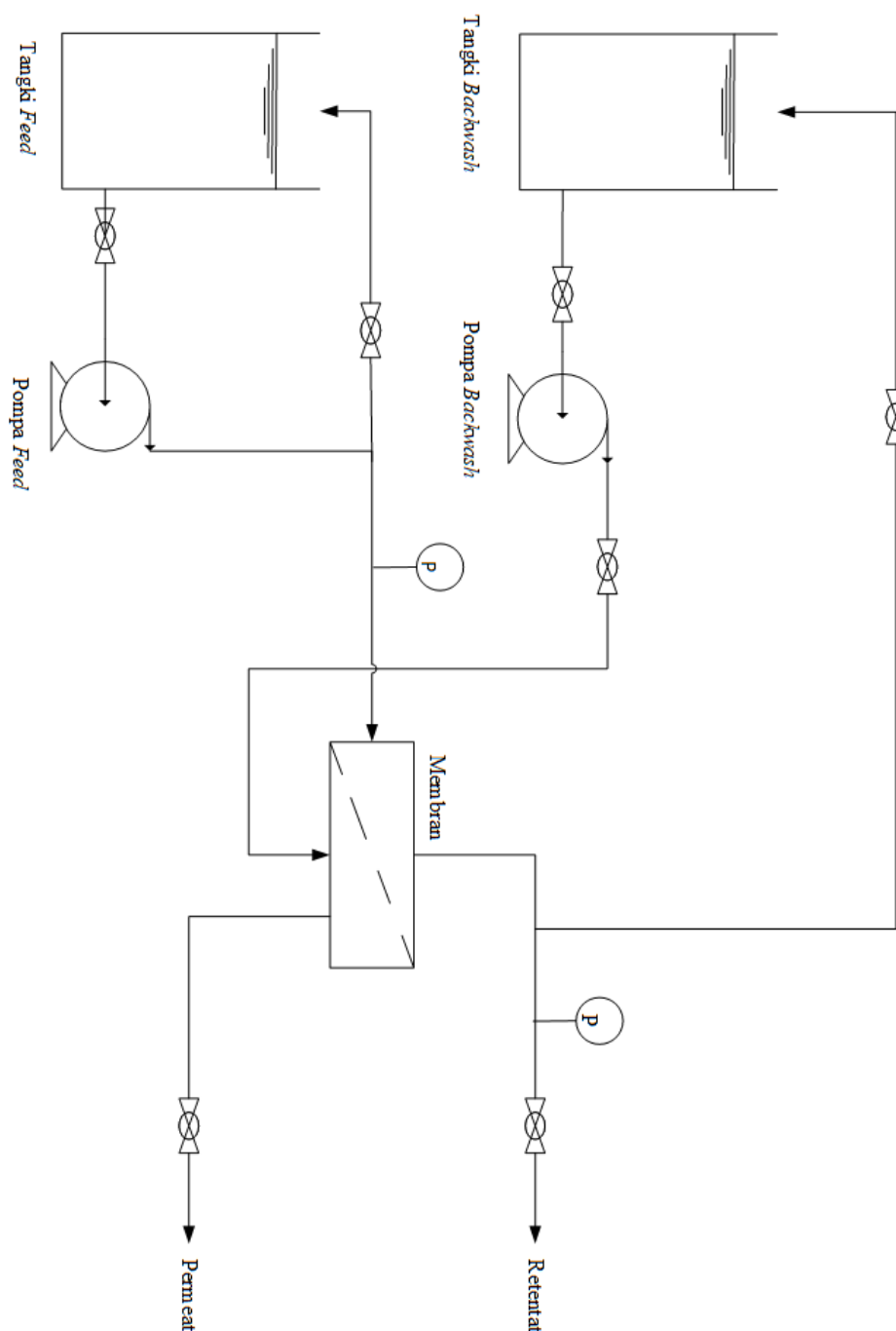


**Gambar 3.8** Diagram Alir Pengukuran Permeabilitas Membran Komposit Film Tipis Poliamida dengan Konfigurasi *Crossflow*

Keterangan: Prosedur diulang dengan larutan *remazol red* yang mengandung NaCl dengan perbandingan berat 1:2,1:4,1:6,1:8, dan 1:10.



Gambar 3.9 Skema Aliran Proses

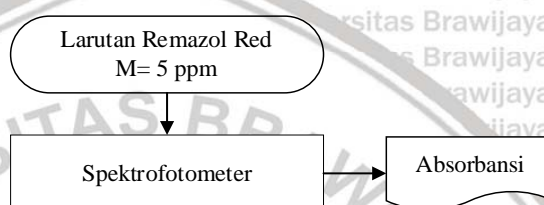


### 3.4.8 Penentuan $\lambda_{\text{max}}$ Remazol Red

Panjang gelombang maksimum *remazol red* ditentukan dengan mengukur panjang gelombang larutan *remazol red* 30ppm pada berbagai panjang gelombang dari 400 – 750 nm dengan interval 1 nm. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis.

### 3.4.9 Pembuatan Kurva Kalibrasi Remazol Red

Larutan *remazol red* dengan variasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm dan 50 ppm diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum *remazol red*. Kemudian dibuat grafik konsentrasi terhadap absorbansi larutan *remazol red* sebagai kurva kalibrasi.



**Gambar 3.9** Diagram Alir Pembuatan Kurva Kalibrasi

Keterangan: Prosedur diulang dengan larutan *remazol red* 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm

### 3.4.10 Pengujian Sampel dengan UV-VIS

Larutan *remazol red* yang lolos melewati membran komposit film tipis poliamida (permeat) diukur konsentrasinya. Pengukuran konsentrasi permeat dilakukan dengan mengukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum *remazol red*. Kemudian absorbansinya dimasukkan pada kurva kalibrasi *remazol red* sehingga didapatkan konsentrasi *remazol red* pada permeat.

### 3.4.11 Perhitungan Rejeksi Membran Komposit Film Tipis Poliamida

Kemampuan membran komposit film tipis poliamida dalam menyisihkan zat warna *remazol red* dapat diketahui dari menghitung rejeksi *remazol red* oleh membran komposit film tipis poliamida. Untuk menghitung rejeksi *remazol red* dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.3 dimana konsentrasi larutan *remazol red* umpan 200 ppm dan konsentrasi *remazol red* pada permeat didapatkan dengan uji UV-Vis.



#### 3.4.12 Pengujian Membran dengan *Fourier Transform InfraRed* (FT-IR)

Uji Fourier Transform Infrared (FT-IR) berguna untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsi yang terdapat pada permukaan membran. Analisa FT-IR menggunakan sinar infrared untuk mengetahui adanya poliamida pada sampel. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

#### 3.4.13 Pengujian Membran dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) digunakan untuk menentukan morfologi membran sebelum dan sesudah lapisan tipis poliamida dibuat. Membran diuji morfologinya pada bagian permukaan dan penampang lintang, sehingga dapat diketahui morfologi membran komposit film tipis poliamida. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju, FMIPA, Universitas Negeri Malang.

#### 3.4.14 Pengujian Statistika

Pengujian statistika digunakan untuk mengetahui pengaruh antara konsentrasi NaCl terhadap rejeksi *remazol red*. Metode yang digunakan adalah uji korelasi Pearson. Dalam pengujian korelasi Pearson, konsentrasi NaCl dan rejeksi *remazol red* yang didapatkan diuji menggunakan aplikasi IBM SPSS untuk mengetahui nilai signifikansi dan nilai korelasi Pearson. Untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi NaCl terhadap rejeksi *remazol red* berhubungan atau tidak berhubungan dapat dilihat dari nilai korelasi Pearson dan  $r$  tabel.  $r$  tabel didapatkan pada tingkat signifikan 5% dan  $n = 6$ .

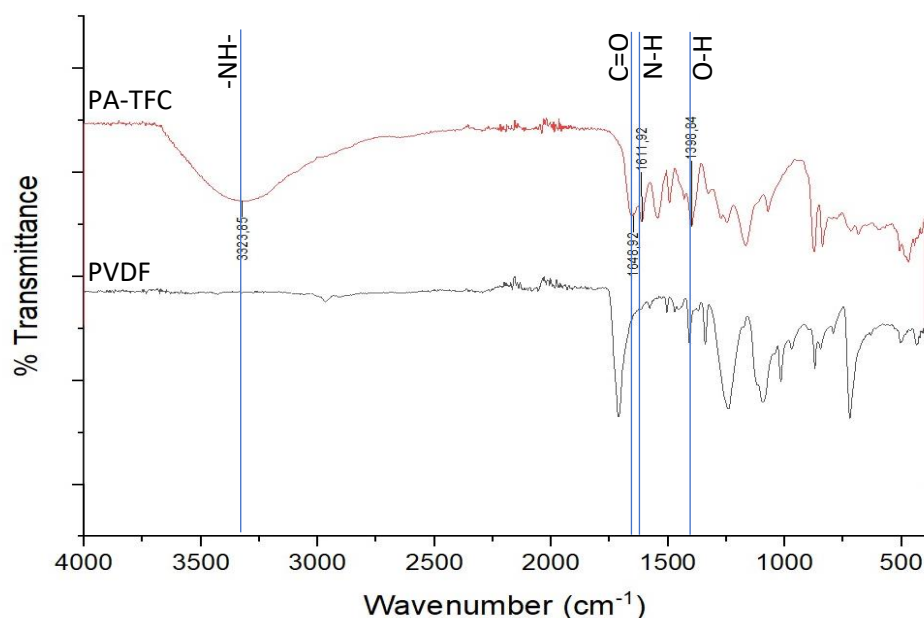
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Karakterisasi Membran Komposit Film Tipis Poliamida

Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kualitas dari membran Poliviniliden fluoride (PVDF) ultrafiltrasi dan membran komposit film tipis poliamida yang dihasilkan.

#### 4.1.2 Struktur Kimia

Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR) digunakan untuk mengetahui gugus fungsi pada permukaan membran komposit film tipis poliamida.

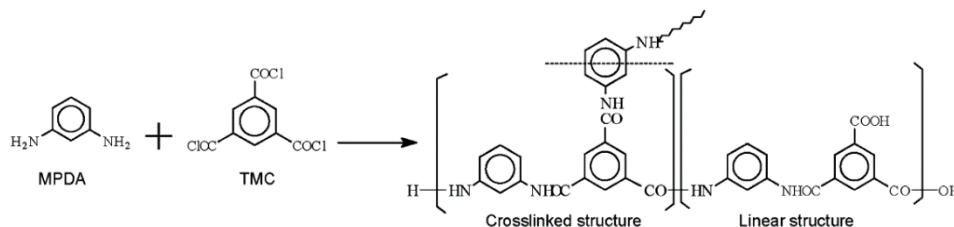


Gambar 4. 1 Spektra Infra Merah Membran PVDF dan Membran Komposit Film Tipis Poliamida

Dari gambar 4.1, didapatkan spektra infra merah membran PVDF (Polyvinylidene fluoride) dan membran komposit film tipis poliamida. Berdasarkan spektra infra merah pada rentang  $3180\text{ cm}^{-1}$  hingga  $3350\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan (N-H) pada gugus amida dalam membran komposit film tipis poliamida yang ditandai dengan vibrasi ulur dengan peak  $3323,85\text{ cm}^{-1}$ . Ikatan (C=O) pada gugus keton ditunjukkan pada rentang serapan  $1630\text{ cm}^{-1}$  hingga  $1695\text{ cm}^{-1}$  dengan peak  $1648,92\text{ cm}^{-1}$ . Ikatan (N-H) pada gugus amida terdeteksi kembali pada rentang serapan  $1500\text{ cm}^{-1}$  hingga  $1560\text{ cm}^{-1}$  yang ditandai vibrasi tekuk pada peak  $1611,92$



cm<sup>-1</sup> (Beauchamp, 2016). Selain itu, ikatan (O-H) pada gugus asam karboksilat terdeteksi dengan adanya vibrasi tekuk dalam rentang serapan 1395 cm<sup>-1</sup> hingga 1440 cm<sup>-1</sup> yang memiliki peak 1398 cm<sup>-1</sup>. Pada membran PVDF tidak terdeteksi ikatan (N-H), (C=O), dan (O-H) sehingga hal ini menandakan bahwa poliamida telah terbentuk pada membran komposit film tipis poliamida.



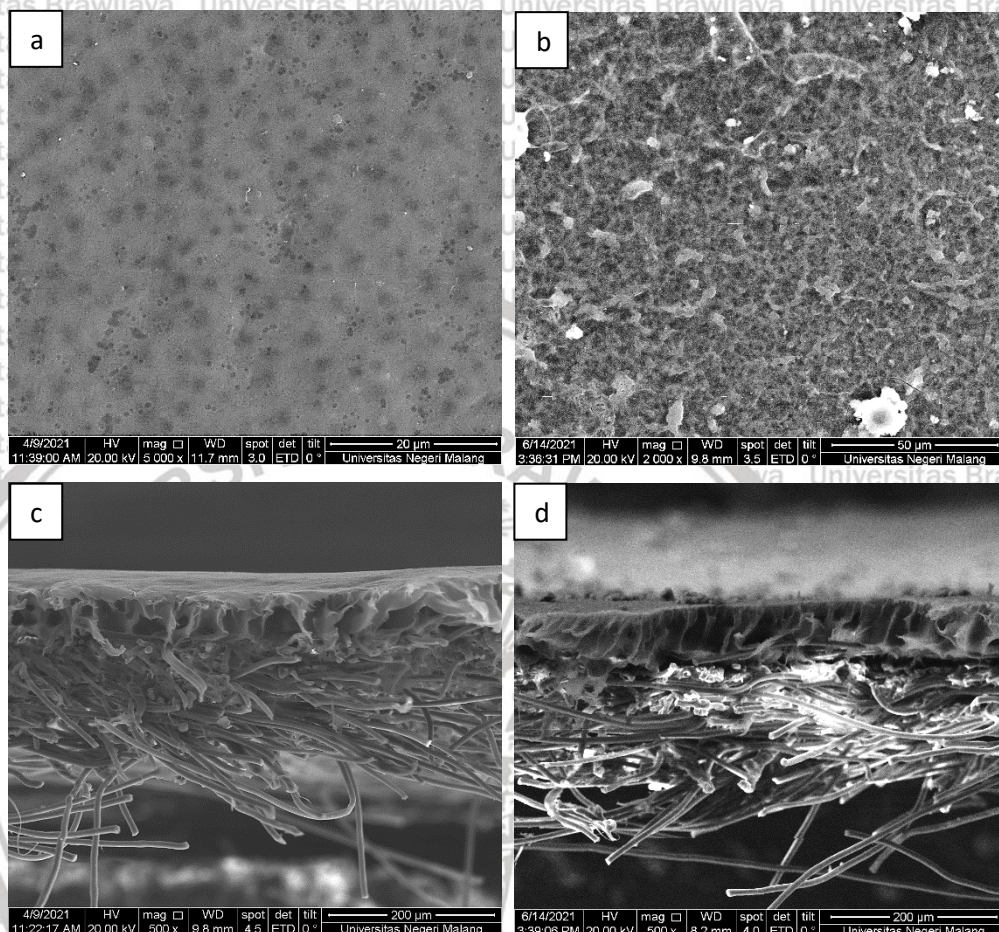
Gambar 4. 2 Reaksi Pembentukan Poliamida

Berdasarkan data spektra infra merah, gugus amida yang teridentifikasi adalah amida sekunder. Poliamida memiliki 2 gugus fungsi yaitu amida dan keton karena terdiri atas ikatan (N-H) dan (C=O). Oleh karena itu amida menunjukkan pita lebar di ujung kiri spektrum. Sedangkan pada keton menunjukkan pita yang lebih lancip (Beauchamp, 2016). Poliamida terbentuk karena adanya reaksi polimerisasi antara trimesoyl chloride dan m-phenyldiamine. Hal ini yang menyebabkan terdeteksinya ikatan (CO-NH) pada spektra membran komposit film tipis poliamida. Jenis poliamida yang terbentuk memiliki sisi linear dan crosslinked yang dibuktikan dengan adanya ikatan (O-H) yang terdeteksi pada spektra (El-Assar, 2012).



#### 4.1.2 Struktur Morfologi

Karakterisasi yang didasarkan oleh bentuk morfologi membran dilakukan dengan uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui perbedaan bentuk dari membran Poliviniliden fluoride (PVDF) ultrafiltrasi dan membran komposit film tipis poliamida yang dihasilkan.

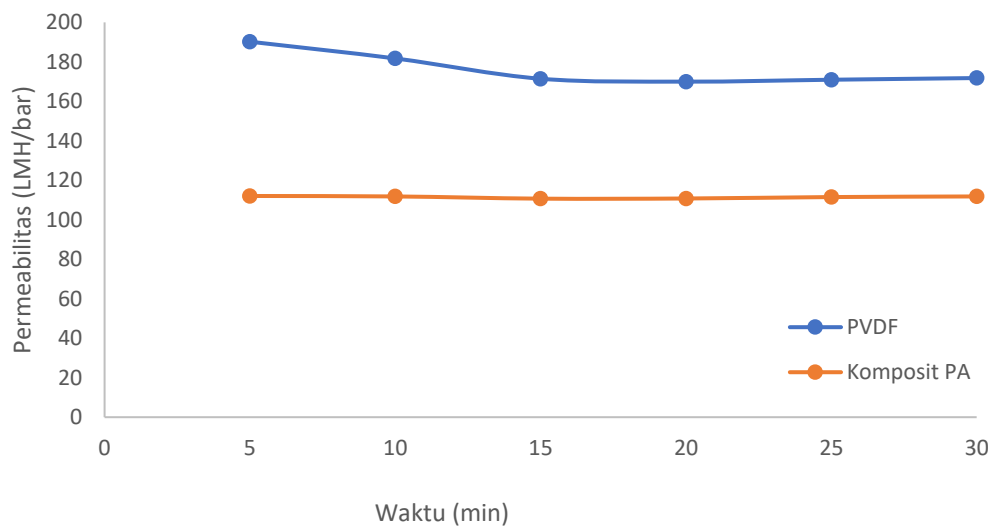


Gambar 4. 3 Hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM) a) Permukaan Membran PVDF, b.) Permukaan Membran Komposit Film Tipis Poliamida, c) *Crosssection* Membran PVDF, d) *Crosssection* Membran Komposit Film Tipis Poliamida

Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan secara *cross-section* untuk melihat gambar penampang melintang membran. Perbesaran sebesar 500x perlu dilakukan untuk dapat melihat morfologi penampang melintang membran dengan baik. Berdasarkan gambar diatas, dapat diketahui jika poliamida telah terbentuk pada permukaan membran UF-PVDF. Terbentuknya poliamida pada permukaan membran ditandai dengan adanya kekasaran atau *roughness* pada permukaan membran yang menyebabkan pori menjadi rapat atau *dense* (Maurya dkk, 2012).



#### 4.2 Uji Permeabilitas Air Murni



Gambar 4. 4 Grafik Permeabilitas Air Murni

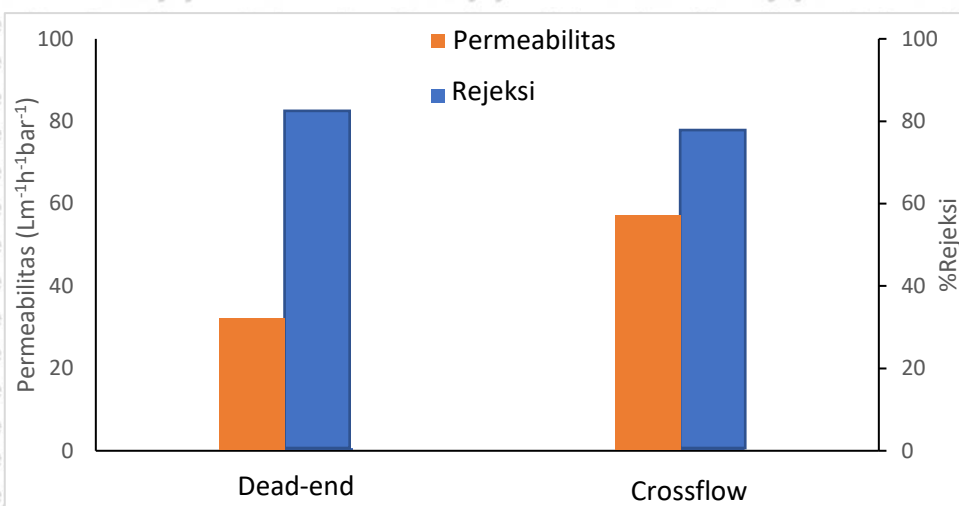
Karakterisasi yang didasarkan oleh permeabilitas air murni guna mengetahui perbedaan kualitas dari membran PVDF ultrafiltrasi dan membran komposit film tipis poliamida yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4.4. Sebelum dilakukan uji permeabilitas air murni dilakukan perlakuan awal yaitu kompaksi. Kompaksi dilakukan selama 90 menit dengan tujuan membuat struktur membran menjadi lebih kompak.

Berdasarkan Gambar 4.4, Nilai permeabilitas antara kedua membran tersebut menunjukkan hasil yang jauh berbeda. Pada membran UF-PVDF permeabilitas air murni yang dihasilkan dari adalah sebesar 100,6 LMH/Bar ( $L \cdot m^{-1} \cdot h^{-1} \cdot Bar^{-1}$ ) sampai 126,8 LMH/Bar. Pada membran komposit film tipis poliamida permeabilitas yang dihasilkan yaitu sebesar 112 LMH/Bar sampai 111,8 LMH/Bar. Apabila hasil permeabilitas kedua membran tersebut dibandingkan nilai permeabilitas membran komposit film tipis poliamida cenderung konstan, nilai permeabilitas pada membran PVDF mengalami penurunan. Hal ini disebabkan perlakuan awal kompaksi yang menyebabkan permeabilitas pada membran komposit film tipis poliamida cenderung konstan karena membran komposit poliamida termasuk membran asimetri. Akan tetapi, pada membran PVDF terjadi penurunan meski telah dilakukan perlakuan awal kompaksi dikarenakan membran PVDF termasuk membran berpori sehingga pori membran PVDF menjadi lebih kecil.

Adapun perbedaan permeabilitas membran PVDF dan membran kompositi film tipis poliamida yang disebabkan oleh adanya lapisan poliamida yang terbentuk diatas

permukaan membran UF-PVDF. Lapisan poliamida yang terbentuk diatas permukaan membran dapat membuat pori-pori membran menjadi rapat (*dense*) sehingga air akan lebih sulit untuk berdifusi melalui permukaan membran.

#### 4.3. Pengaruh Konfigurasi aliran membran



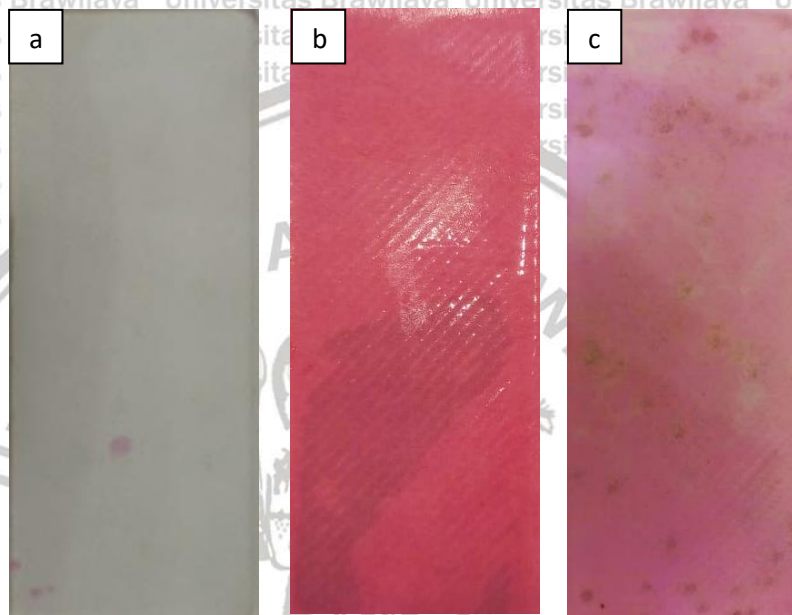
Gambar 4. 5 Pengaruh Konfigurasi Aliran Terhadap Kinerja Membran

Penyisihan zat warna *Remazol Red* 200 ppm dilakukan dengan membran komposit film tipis poliamida yang memiliki luasan 39  $\text{cm}^2$ . Penyisihan zat warna tersebut dilakukan pada konfigurasi aliran yang berbeda yaitu *crossflow* dan *dead end* selama 30 menit.

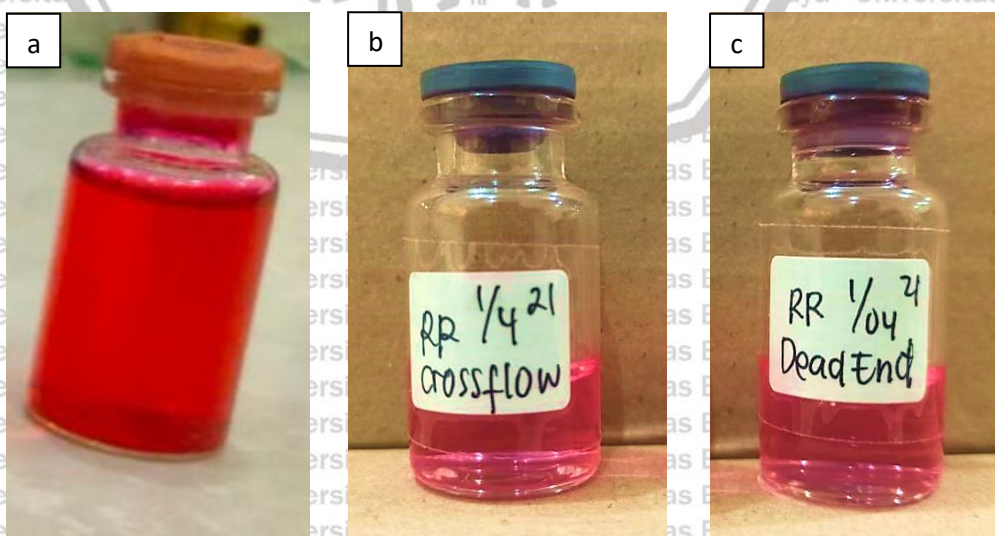
Berdasarkan gambar 4.5, konfigurasi aliran *dead-end* menunjukkan nilai permeabilitas yang menurun dari 38,5 LMH/Bar ke 32 LMH/Bar seiring dengan lama waktu operasi. Hal ini dikarenakan adanya polarisasi konsentrasi yang menyebabkan terjadinya penumpukan zat atau partikel yang tertahan pada permukaan membran. Pada konfigurasi aliran *crossflow*, permeabilitas menunjukkan hasil yang relatif konstan yaitu sekitar 58,50 LMH/Bar. Hal ini dikarenakan arah aliran umpan mengalir sejajar dengan permukaan membran dimana sebagian umpan akan melewati pori membran dan sebagian lainnya menjadi retentat sehingga zat atau partikel yang tertahan oleh membran akan terus terbawa oleh aliran dan memperlambat terjadinya akumulasi pada permukaan membran (Wenten, dkk. 2013).



Hasil rejeksi zat warna *Remazol Red* 200 ppm pada konfigurasi aliran *crossflow* dan *dead-end* dapat ditunjukkan pada gambar 4.5. Pada aliran *crossflow*, rejeksi yang dihasilkan sebesar 77,37% sedangkan pada aliran *dead-end* didapatkan rejeksi sebesar 82,35%. Adanya partikel yang tertahan pada permukaan membran menyebabkan hasil rejeksi pada aliran *dead-end* lebih besar dibandingkan aliran *crossflow*. Semakin banyak partikel yang tertahan pada permukaan membran, maka kemampuan umpan untuk berdifusi melewati membran akan semakin rendah sehingga berdampak pada peningkatan hasil rejeksi dan penurunan permeabilitas.



Gambar 4. 6 Membran Komposit Film Tipis Poliamida, a) Sebelum filtrasi, b) Setelah filtrasi *Dead-end*, c) Setelah Filtrasi *Crossflow*

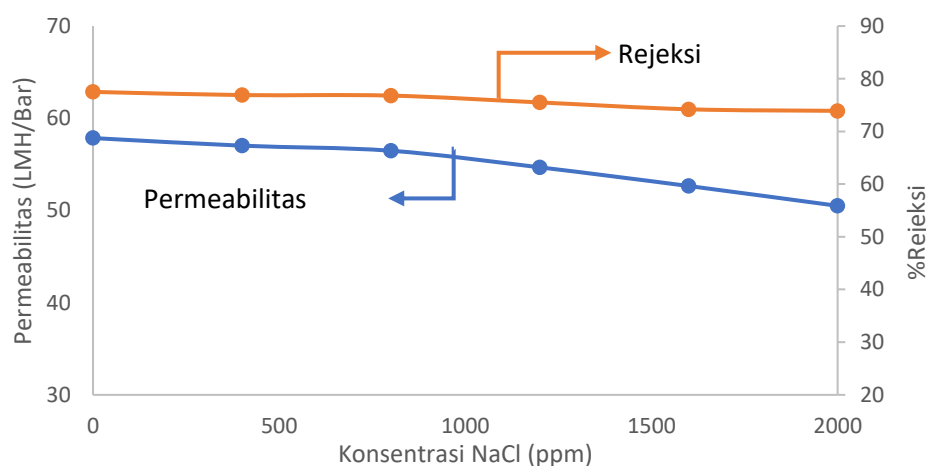


Gambar 4. 7 Hasil Penyisihan Remazol Red, a) Sebelum Filtrasi, b) Filtrasi *Crossflow*, c) Filtrasi *Dead-end*

Pada gambar 4.6 b, dapat diketahui kondisi membran setelah filtrasi dengan konfigurasi aliran *dead-end*. Berdasarkan gambar 4.6 b, terbentuk partikel yang tertahan diatas permukaan membran dengan dibuktikan adanya warna merah pekat yang tampak pada permukaan membran. Pada gambar 4.6 c, dapat diketahui kondisi membran setelah filtrasi konfigurasi aliran *crossflow*. Pada konfigurasi aliran *crossflow* terdapat juga partikel yang tertahan pada permukaan membran akan tetapi, partikel yang tertahan lebih sedikit daripada proses filtrasi *Dead End* sehingga permeabilitas pada konfigurasi aliran *crossflow* lebih baik daripada *Dead End*.

#### 4.4 Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap kinerja membran komposit poliamida

Penyisihan dilakukan pada larutan *Remazol Red* 200 ppm yang mengandung NaCl dengan perbandingan berat *remazol red* dibanding NaCl 1:2, 1:4, 1:6, 1:8, dan 1:10. Proses filtrasi dilakukan dengan konfigurasi aliran *crossflow*. Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap kinerja membran komposit poliamida dapat dilihat pada gambar 4.8.

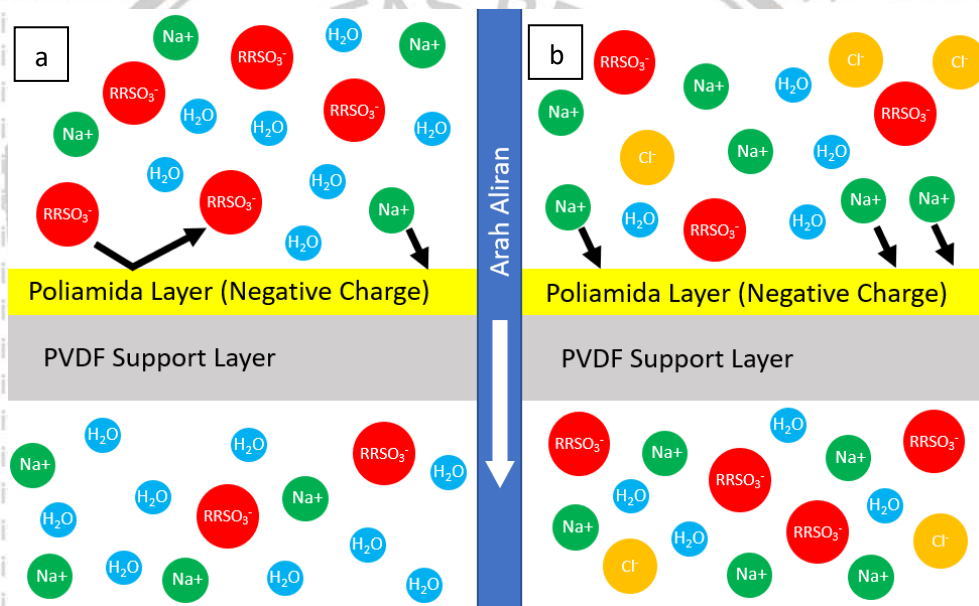


Gambar 4. 8 Pengaruh kadar garam terhadap kinerja membran

Berdasarkan gambar 4.8, permeabilitas *remazol red* tanpa NaCl adalah 57,85 LMH/bar dan rejeksi menunjukkan hasil sebesar 77,5 %. Akan tetapi, pada saat dilakukan penambahan garam NaCl sebanyak 400 ppm baik permeabilitas maupun rejeksi mengalami penurunan yang tidak signifikan masing-masing sebesar 57,03 LMH/bar dan 76,9%. Apabila konsentrasi garam NaCl yang ditambahkan semakin tinggi, sesuai pada gambar 4.8, permeabilitas dan rejeksi menurun pada konsentrasi NaCl 400 ppm hingga 2000 ppm dengan permeabilitas dari 57,03 LMH/bar hingga 50,50 LMH/bar dan rejeksi dari 76,9% hingga 73,9%. Penurunan tersebut disebabkan oleh adanya kandungan NaCl pada larutan umpan yang berdampak pada terjadinya *osmotic pressure effect*, *donnan exclusion effect* dan *pore swelling effect*.



Pada penelitian Hoff dan Pitzer (2001), penurunan permeabilitas dapat disebabkan oleh besarnya tekanan osmotik dari larutan umpan yang mengandung garam. Tekanan osmotik dapat didefinisikan sebagai tekanan minimum yang ada pada suatu larutan umpan untuk menghentikan aliran pelarut melalui membran semipermeabel (Feher, 2017). Pada penelitian ini, larutan umpan mengandung garam NaCl dengan konsentrasi yang tinggi yaitu 400 ppm hingga 2000 ppm. Keadaan tersebut menyebabkan tekanan osmotik larutan meningkat seiring dengan semakin tingginya konsentrasi NaCl, sebagaimana yang terdapat pada lampiran B.4, bahwa tekanan osmotik meningkat dari 0,36 atm hingga 1,80 atm. Adapun penelitian Wei, dkk (2013) melaporkan bahwa penambahan garam NaCl pada larutan umpan menyebabkan tekanan osmotik meningkat sehingga kemampuan pelarut air untuk berdifusi akan semakin sulit dan menyebabkan nilai permeabilitas menurun.



Gambar 4. 9 Peristiwa *Donnan Exclusion*, a) Larutan Umpan tanpa NaCl, b) Larutan Umpan Dengan NaCl

Penurunan rejeksi pada penyisihan *Remazol Red* dalam larutan garam NaCl tidak disebabkan oleh *sieving mechanism*. Hal tersebut terjadi karena membran komposit film tipis poliamida merupakan membran asimetris. Penyebab penurunan rejeksi pada penyisihan *Remazol Red* dalam larutan garam NaCl adalah *Donnan Exclusion Effect* dan *Pore Swelling*.

*Donnan exclusion effect* merupakan mekanisme rejeksi yang terjadi karena pengaruh *charged* yang dimiliki suatu membran (Lau dkk, 2009). Membran komposit

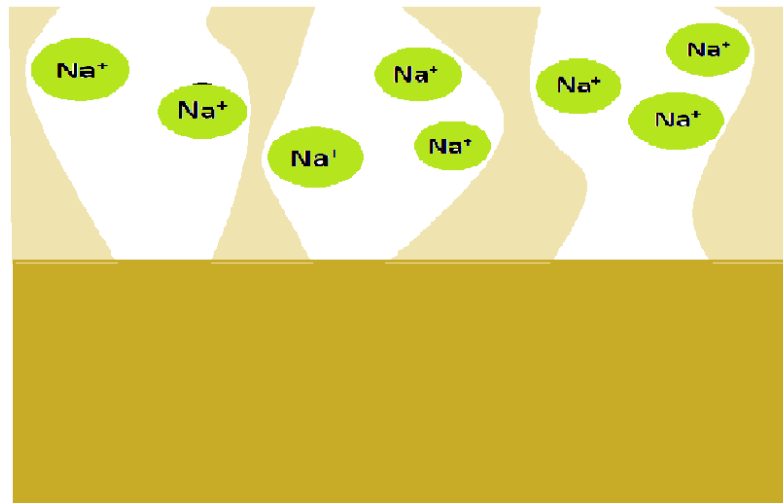
film tipis poliamida adalah membran yang bermuatan negatif ketika larutan umpan memiliki  $\text{pH} < 6,6$  (Wei, 2013). Larutan umpan yang digunakan pada penelitian ini memiliki pH 6,5 sehingga membran komposit film tipis poliamida akan bermuatan negatif. Apabila zat warna dan membran bermuatan negatif maka akan terjadi gaya tolak menolak (zat warna tidak bisa teradsorpsi pada permukaan membran) sehingga kemampuan membran merejeksi zat warna meningkat sesuai dengan ilustrasi peristiwa *Donnan Exclusion* pada gambar 4.7. Namun, adanya penambahan garam pada larutan umpan akan berpengaruh pada kinerja membran seperti penelitian yang dilakukan oleh S.K Maurya dkk. (2012) bahwa penambahan garam dapat berdampak pada melemahnya efek *Donnan exclusion*, dimana kation garam akan menetralkan *charged* pada membran komposit film tipis poliamida sehingga rejeksi zat warna akan menurun.

Pada penelitian ini, larutan umpan mengandung natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ), *Remazol Red* dan pelarut air. Apabila garam  $\text{NaCl}$  dilarutkan pada pelarut air maka garam  $\text{NaCl}$  dapat terionisasi sempurna menjadi ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  (Wardani dan Arifiyana, 2020) dan jika *Remazol Red* terlarut dalam air, zat warna tersebut akan melepaskan ion  $\text{Na}^+$  dan menjadi zat warna yang bermuatan negatif dengan gugus  $\text{SO}_3^-$  (Ganesh R, 1994). Oleh karena sifat membran komposit film tipis poliamida yang bermuatan negatif, ion  $\text{Na}^+$  pada larutan umpan akan berikatan dengan membran tersebut sehingga melemahkan kemampuan membran untuk merejeksi zat warna. Hal serupa juga dilaporkan pada penelitian Liu, dkk (2012) dimana penyisihan zat warna *Acid Red 27* dengan karakteristik *anionic dye* juga menunjukkan rejeksi yang semakin menurun sebesar 12,5% sejalan dengan penambahan konsentrasi garam pada larutan umpan karena efek dari melemahnya *Donnan exclusion* pada membran.



Pori *dense* lapisan tipis poliamida

PVDF Support



Gambar 4. 10 Peristiwa *Pore Swelling*

Melemahnya efek *Donnan Exclusion* berdampak pada terjadinya *pore swelling*. Peristiwa *pore swelling* terjadi karena adanya penambahan garam NaCl pada larutan umpan sehingga ion  $\text{Na}^+$  akan menempel di dalam pori membran yang berdampak pada membengkaknya pori membran (Bouchoux 2005, Bargeman 2005). Peristiwa *pore swelling* pada membran akan mengganggu proses filtrasi dikarenakan pori yang bengkak dapat dilewati oleh *Remazol Red* sehingga rejeksi zat warna akan menurun. Penurunan rejeksi dikarenakan terjadinya *pore swelling* juga telah dilaporkan dalam penelitian S.K Maurya dkk. (2012) dan Lau dkk. (2016).

#### 4.5 Pengujian Statistika Korelasi Pearson

Hasil rejeksi *remazol red* dengan konsentrasi NaCl 0 ppm, 400 ppm, 800 ppm, 1200 ppm, 1600 ppm, dan 2000 ppm di-input dalam aplikasi IBM SPSS untuk mengetahui pengaruh konsentrasi NaCl terhadap rejeksi *remazol red*.

Table 4.1 Hasil Uji Korelasi Pearson Pada IBM SPSS

Correlations			
Konsentrasi			Rejeksi
	Pearson Correlation	1	-.972**
	Sig. (2-tailed)		0,001
Rejeksi	Pearson Correlation	-.972**	1
	Sig. (2-tailed)	0,001	
	N	6	6

Dari tabel 4.1, nilai signifikansi yang didapatkan adalah 0,001 yang menunjukkan bahwa hubungan antara konsentrasi dan rejeksi *remazol red* berkorelasi dikarenakan nilai signifikansi kurang dari 0,05 (Hadi, 2002). Nilai korelasi pearson yang didapatkan sebesar -0,972. Sesuai tabel 2.3, ketika nilai korelasi Pearson yang didapatkan termasuk pada rentang 0,91 hingga 1,00 menunjukkan bahwa korelasi antara konsentrasi NaCl dengan rejeksi *remazol red* sangat kuat. Selain itu, nilai korelasi Pearson yang didapatkan lebih besar daripada nilai  $r_{\text{tabel}}$  (0,811) yang menunjukkan bahwa konsentrasi NaCl dan rejeksi *remazol red* berhubungan. Nilai negatif korelasi Pearson yang didapatkan menunjukkan bahwa hubungan antara konsentrasi NaCl terhadap rejeksi *remazol red* adalah berbanding terbalik. Sehingga ketika konsentrasi NaCl semakin tinggi, maka rejeksi *remazol red* semakin rendah begitu juga sebaliknya







*Lembar ini sengaja dikosongkan*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Pada konfigurasi aliran *Dead End*, permeabilitas mengalami penurunan sedangkan hasil rejeksi lebih tinggi. Hal tersebut terjadi karena adanya polarisasi konsentrasi. Pada konfigurasi aliran *crossflow* permeabilitas konstan dan hasil rejeksi lebih rendah. Hal tersebut disebabkan arah aliran *crossflow* yang sejajar.
2. Semakin tinggi konsentrasi garam NaCl, permeabilitas dan rejeksi semakin menurun. Permeabilitas menurun disebabkan oleh *Osmotic Pressure* sedangkan penurunan rejeksi disebabkan oleh *donnan exclusion effect* dan *pore swelling*.

#### 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya untuk pengembangan penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian terkait pengaruh jenis garam terhadap kinerja membran komposit film tipis poliamida.
2. Perlu dilakukan penelitian terkait pengaruh variasi tekanan terhadap kinerja membran komposit film tipis poliamida.
3. Perlu dilakukan pengulangan pada uji rejeksi untuk mengetahui nilai bnt.





*Lembar ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

Abdullah dan Khairurrijal. 2008. *Karakterisasi Nanomaterial*. Bandung: Institut Teknologi Bandung

Aryanti, Saraswati, Putra, Nafiunisa A. Wardhani, D.H. (2020) "Micellar-enhanced ultrafiltration using a plant-derived surfactant for dye separation in wastewater treatment," *Membranes*, 10(9), hal. 1–16. doi: 10.3390/membranes10090220.

Avlonitis SA, Poullos I, Sotiriou D, Pappas M, Moutesidis K (2008) *Simulated cotton dye effluents treatment and reuse by nanofiltration*. *Desalination* 221:259–267

Baker, W.R. (2004) *Membrane technology and Applications*., 2nd edition., California: Jon Willey & Sons

Caro, CAD dan Haller Claudia. 2015. *UV/VIS Spectrophotometry - Fundamentals and Applications*. Schwerzenbach: Mettler Toledo

Catanho, M. (2006) *Avaliacao Dos Tratamentos Eletroquimico Fotoeletroquimico Na Degradacao De Corantes Texteis*, Quim.Nova, Vol 29, No.5.

Clark, M. (2011) *Handbook of Textile and Industrial Dyeing: Principles, Processes and Types of Dyes*. 1 ed, *Handbook of Textile and Industrial Dyeing: Principles, Processes and Types of Dyes*. 1 ed. Cambridge. doi: 10.1533/9780857093974.

Christina, P.M., Mu'nisatun S., Saptaji, R., dan Djoko, M., (2007), Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 keV/10 mA, *Jurnal Fisika Nuklir (JFN)*, 1(1), pp. 1978-8738.

Dwi Saptati and Nurul Himma (2018) *Perlakuan Fisiko-Kimia Limbah Cair Industri*. UB Press.

El-Aassar, Abdel-Hameed Mostafa & El-Aassar, Abdel-hameed. (2012). *Polyamide Thin Film Composite Membranes Using Interfacial Polymerization: Synthesis, Characterization and Reverse Osmosis Performance for Water Desalination*. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 6. 382-391.

Fatimah, N., Alimuddin dan Gunawan, R. (2018) "Penentuan Intesitas Warna



Rhemazol RED RB 133 dalam Limbah Batik dengan Elektrokoagulasi Menggunakan NaCl,” *Jurnal Atomik*, 03(1), hal. 39–46.

Fehér (2017). Osmosis and Osmotic Pressure. *Quantitative Human Physiology* (pp.182-198)

Ganesh, R., Boardman, G. D. and Michelsen D.: 1994, ‘Fate of Azo Dyes in Sludges’, *Wat. Res.* 28(6), 1367–1376.

Ghaly A, Ananthashankar R, Alhattab M, Ramakrishnan V (2014) Production, characterization and treatment of textile effluents: a critical review. *J Chem Eng Proc Technol* 5:1–18

Hadi, Sutrisno. 2002. Statistik Jilid II Cetakan kedua puluh tiga. Andi Offset

Heru Pratomo (2003) Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Polisulfon Selulosa Asetat untuk Proses Ultrafiltrasi. Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY, Karangmalang, Yogyakarta

Hoff dan Pitzer (2001) dalam jurnal S. Chakraborty, B.C. Bag, S. DasGupta, J.K. Basu, S. De, Prediction of permeate flux and permeate concentration in nanofiltration of dye solution, *Sep. Purif. Technol.* 35 (2004) 141–152.

Joong Hwan Mo, Yong Hwan Lee, Jaephil Kim, Jae Yun Jeong, Jonggeon Jegal (2008). *Treatment of dye aqueous solutions using nanofiltration polyamide composite membranes for the dye wastewater reuse* 10.1016/j.dyepig.2006.09.007 Elsevier : 429-434

Kesting, R.E. 1993. *Synthetic Polymeric Membranes. A Structural Perspective*, Ed ke2. John Wiley & Sons. New York.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (KEMNLH) No. 9 Tahun 1997, Perubahan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 42 Tahun 1996 Tentang : Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Minyak Dan Gas Serta Panas Bumi

Karisma, D., Febrianto, G. dan Mangindaan, D. (2018) “Polyetherimide thin film composite (PEI-TFC) membranes for nanofiltration treatment of dyes wastewater,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 195(1). doi: 10.1088/1755-1315/195/1/012057.

Kimura, Nakao, Tsuru, Wang (1995) *“Electrolyte transport through nanofiltration*



membranes for concentration demineralization in the dairy industry : model for transport

Lau, W. J. dkk. (2012) "A recent progress in thin film composite membrane: A review," *Desalination*, 287, hal. 190–199. doi: 10.1016/j.desal.2011.04.004.

Lau, W. J. (2016) "Polyamide Membrane," hal. 1588–1590. doi: 10.1007/978-3-662-44324-8\_1726.

Lau, W. J. dan Ismail, A. F. (2009) "Polymeric nanofiltration membranes for textile dye wastewater treatment: Preparation, performance evaluation, transport modelling, and fouling control - a review," *Desalination*, 245(1–3), hal. 321–348. doi: 10.1016/j.desal.2007.12.058.

Liu, Y., Zhang, S., Zhou, Z., Ren, J., Geng, Z., Luan, J., and Wang, G. 2012. Novel sulfonated thin-film composite nanofiltration membranes with improved water flux for treatment of dye solutions. *Journal of Membrane Science* 394–395: 218–229.

Mason, R.D & Douglas A. Lind. 1996. *Teknik Statistik Untuk Bisnis dan Ekonomi*. Erlangga: Jakarta.

Maurya, S. K. dkk. (2012) "Preparation of polysulfone-polyamide thin film composite hollow fiber nanofiltration membranes and their performance in the treatment of aqueous dye solutions," *Desalination*, 304, hal. 11–19. doi: 10.1016/j.desal.2012.07.045.

Madsen (2014) *Chemistry of Advanced Environmental Purification Processes of Water : Fundamentals and Applications : Membrane Filtration in Water Treatment: Removal of Micropollutants*, Elsevier : 199-248

Mukaka, MM. 2012. A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal*: Liverpool

Mulder, M. (1996) *Basic Principles of Membrane Technology*. Second Edi. Enschede: Kluwer Academic Publishers.

Park, M. dan Snyder, S. A. (2019) "Attenuation of contaminants of emerging concerns by nanofiltration membrane: Rejection mechanism and application in water reuse," in *Contaminants of Emerging Concern in Water and Wastewater: Advanced Treatment Processes*. Elsevier, hal. 177–206. doi: 10.1016/B978-0-12-813561-7.00006-7.

Rautenbach, 1997. *Membranverfahren, Grundlagen der Modul-Und*



Anlagenauslegung, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg

Sastrawidana, D. K. dan Racmawati, I. O. D. (2016) “efisiensi perombakan warna air limbah tekstil buatan yang diolah secara elektooksidasi pada variasi PH,konsentrasi garam dan beda potensial,” *Prosiding Seminar Nasional MIPA*.

Sanchuan Yua, Meihong Liua, Miao Maa, Ming Qi, Zhenhua Lua, Congjie Gao (2010) *Impacts of membrane properties on reactive dye removal from dye/salt mixtures by asymmetric cellulose acetate and composite polyamide nanofiltration membranes*. 10.1016/j.memsci.2009.12.014. Elsevier : 83-91

Santoso, Singgih. 2005. Mengatasi Berbagai Masalah Statistik dengan SPSS. Gramedia: Jakarta

Sigle, as Br Del. 2015. Critical Values of the Pearson Product-Moment Correlation Coefficient. University of Connecticut: Storrs

Strathmann, H. (2010) Electrodialysis, a mature technology with a multitude of new applications. *Desalination*. 264, 268-288.

Sunarto (2008) Teknik Pencelupan dan Pencapan Jilid 3 untuk SMK, (Online), (<http://Kelas12TeknikPencelupanSunarto.htm>, diakses 3 Juli 2014).

Sutedja, Claresta Aileen Josephine, Dave Mangindaan, (2017). Polysulfone thin film composite nanofiltration membranes for removal of textile dyes wastewater. Bandung : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

Wang, Dongliang., Teo.W.K., Li.K., 2002. *Preparation and Characterization of High-Flux Polysulfone Hollow Fibre Gas Separation Membranes*. *Journal of Membrane Science*. 204., 247-256

Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., dan Kurniaysih, D. (2006) Utilisasi TiO<sub>2</sub>- Zeolit Dan Sinar UV Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red, *Berkala MIPA*, 3 : 27-35

World Health Organization (1997) *Water Pollution Control - A Guide to the Use of Water Quality Management Principles*. E & FN Spon, an imprint of Thomson Professional, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN

Wu H, Tang B, Wu P (2010) *MWNTs/Polyester thin film nanocomposite membrane*:

an approach to overcome the trade-off effect between permeability and selectivity. *J Phys Chem C* 114:16395–16400

Yaseen, D. A. dan Scholz, M. (2019) *Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: a critical review*, *International Journal of Environmental Science and Technology*. Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/s13762-018-2130-z.

Zhang W, Liu W, Zhang J, Zhao H, Zhang Y, Quan X, Jin Y (2012) Characterisation of acute toxicity, genotoxicity and oxidative stress posed by textile effluent on zebrafish. *J Environ Sci* 24:2019–2027

Zongyao Zhou, Dongwei Lu , Xiang Li , Lubna M. Rehman , Anirban Roy , Zhiping Lai (2020) *Fabrication of highly permeable polyamide membranes with large “leaf-like” surface nanostructures on inorganic supports for organic solvent nanofiltration*. India. Elsevier : Journal of membrane science

Zou H, Jin Y, Yang J, Dai H, Yu X, Xu J (2010) *Synthesis and characterization of thin film composite reverse osmosis membranes via novel interfacial polymerization approach*. Sep Purif Technol 72:256–262






*Lembar ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN A DATA PENELITIAN

### A. Data Penelitian

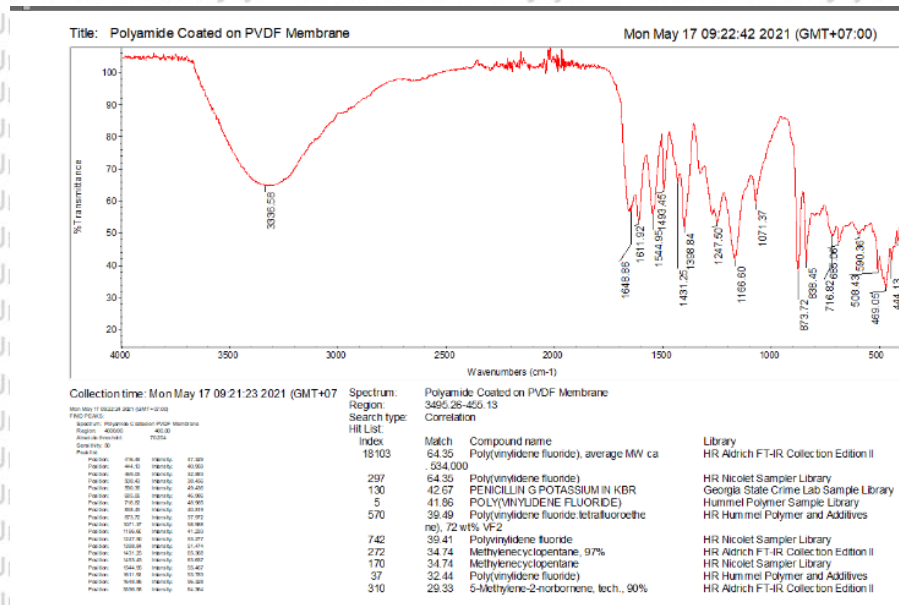
#### A.1 Hasil Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

 UNIVERSITAS NEGERI MALANG FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL) Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telp. 0341-551312 (paw 200) 574895 / 085106001088 E-mail : <a href="mailto:laboratoriumcentral@ub.ac.id">laboratoriumcentral@ub.ac.id</a> / <a href="mailto:lab-central@um.ac.id">lab-central@um.ac.id</a> Website : <a href="http://central-laboratory.um.ac.id">central-laboratory.um.ac.id</a>		 Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Pengg LP-1398-10N	
Customers	: Kharisma Ghanyssyafira – Universitas Brawijaya		
Contact Customer	: 082142692642		
Email	: <a href="mailto:kharismaghanyssyafira@gmail.com">kharismaghanyssyafira@gmail.com</a>		
Test Equipment	: SEM		
Received Date	: April 7, 2021		
Order Number	: LSUM.P.00353.2021		
<b>OPERATOR, ANALYZER &amp; SUPERVISOR</b>			
Analyzer	: Halimahtus Sahdiah, S.Si.		
Supervisor	: Nandang Mufti, S.Si., M.T., Ph.D		
<b>SAMPLE CODE</b>			
No	Nama Sampel	Metode	Kode Sampel
1	Membran PVGF Tanpa Poliamida	IK.M.A.1	A91
Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji. *Metode pengujian termasuk dalam ruang lingkup akreditasi.			

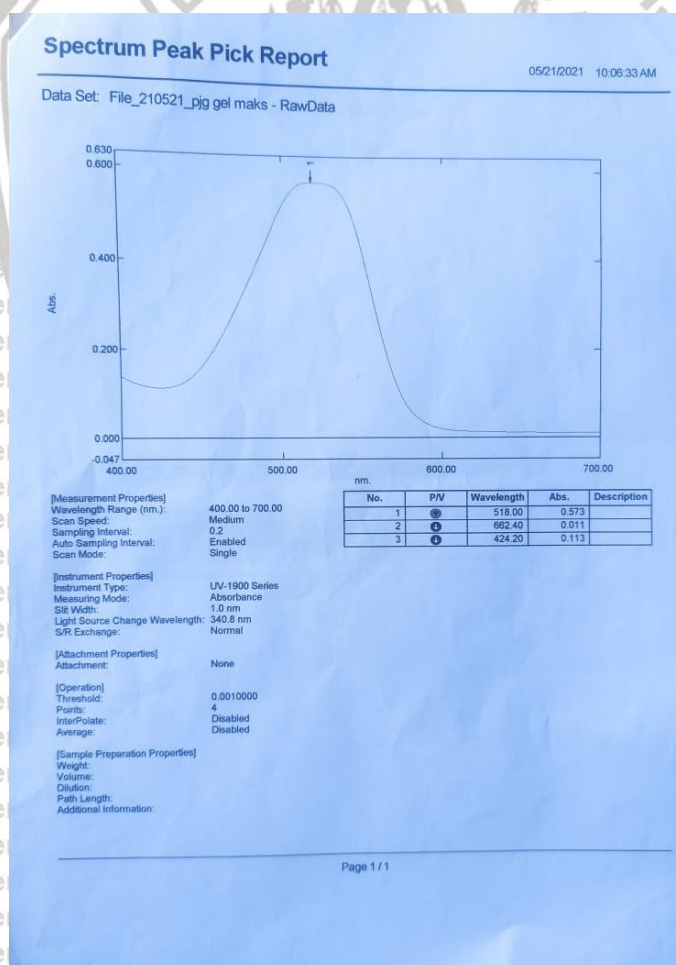
 UNIVERSITAS NEGERI MALANG FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL) Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telp. 0341-551312 (paw 200) 574895 / 085106001088 E-mail : <a href="mailto:laboratoriumcentral@ub.ac.id">laboratoriumcentral@ub.ac.id</a> / <a href="mailto:lab-central@um.ac.id">lab-central@um.ac.id</a> Website : <a href="http://central-laboratory.um.ac.id">central-laboratory.um.ac.id</a>		 Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Pengg LP-1398-10N	
Customers	: Kharisma Ghanyssyafira – Universitas Brawijaya		
Contact Customer	: 082142693642		
Email	: <a href="mailto:kharismaghanyssyafira@gmail.com">kharismaghanyssyafira@gmail.com</a>		
Test Equipment	: SEM		
Received Date	: April 5, 2021		
Order Number	: LSUM.P.00334.2021		
<b>OPERATOR, ANALYZER &amp; SUPERVISOR</b>			
Analyzer	: Halimahtus Sahdiah, S.Si.		
Supervisor	: Nandang Mufti, S.Si., M.T., Ph.D		
<b>SAMPLE CODE</b>			
No	Nama Sampel	Metode	Kode Sampel
1	Membran Poliamida Tercoating	IK.M.A.1	A87
Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji. *Metode pengujian termasuk dalam ruang lingkup akreditasi.			



## A.2 Hasil Uji *Fourier Transform InfraRed* (FT-IR)



## A.3 Hasil Uji UV-VIS



## Photometric Report

05/21/2021 10:13:29 AM

File Name: F:\2021\Kharisma-Wahyu\lFile\_210521\_kurva std.pho

[Wavelengths]  
Wavelength Name: WL518.0  
Wavelength: 518.00 nm

[Calibration Curve]  
Column for Cal. Curve: WL518.0  
Cal. Curve Type: Multi Point  
Cal. Curve Unit: mg/l  
Selected Wavelength: WL518.0  
Calibration Equation: Abs = K1\*(Conc) + K0  
Zero Interception: Not Selected

[Measurement Parameters(Standard)]  
Data Acquired by: Instrument  
Delay sample read: Disabled  
Repeat: Disabled

[Measurement Parameters(Sample)]  
Data Acquired by: Instrument  
Delay sample read: Disabled  
Repeat: Disabled

[Equations]

[Pass Fail]

[Method Summary]

Title:

Date/Time:

Comments:

Sample Preparations:

[Instrument Properties]

Instrument Type:

Measuring Mode:

Slit Width:

Light Source Change Wavelength:

S/R Exchange:

[Attachment Properties]

Standard Title:

Sample ID

Type

Ex

Conc

WL518.0

Wgt.Factor

Comments

1

2

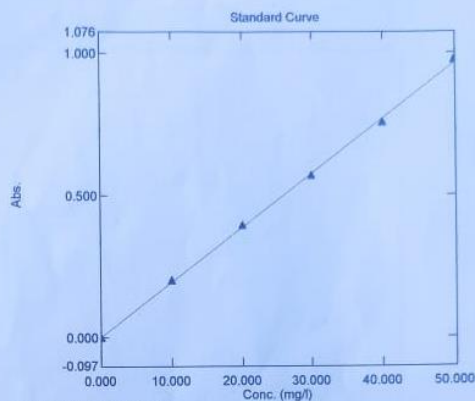
3

4

5

6

7



UV-1900 Series  
Absorbance  
1.0 nm  
340.8 nm  
Normal

[Attachment Properties]

Standard Title:

Sample ID

Type

Ex

Conc

WL518.0

Wgt.Factor

Comments

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

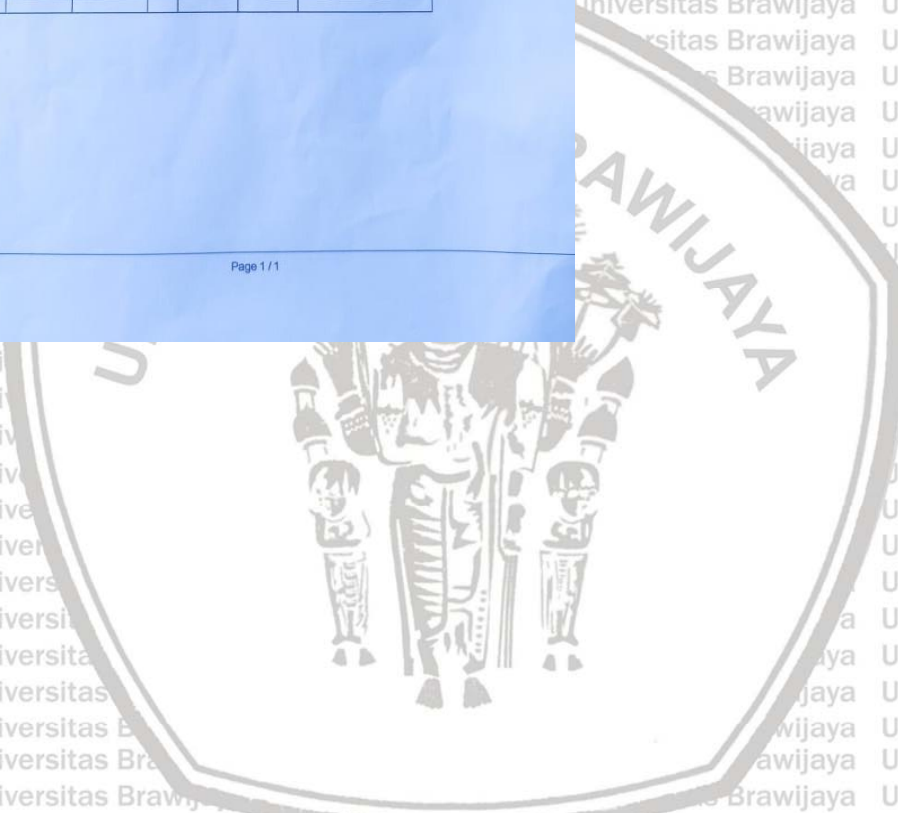
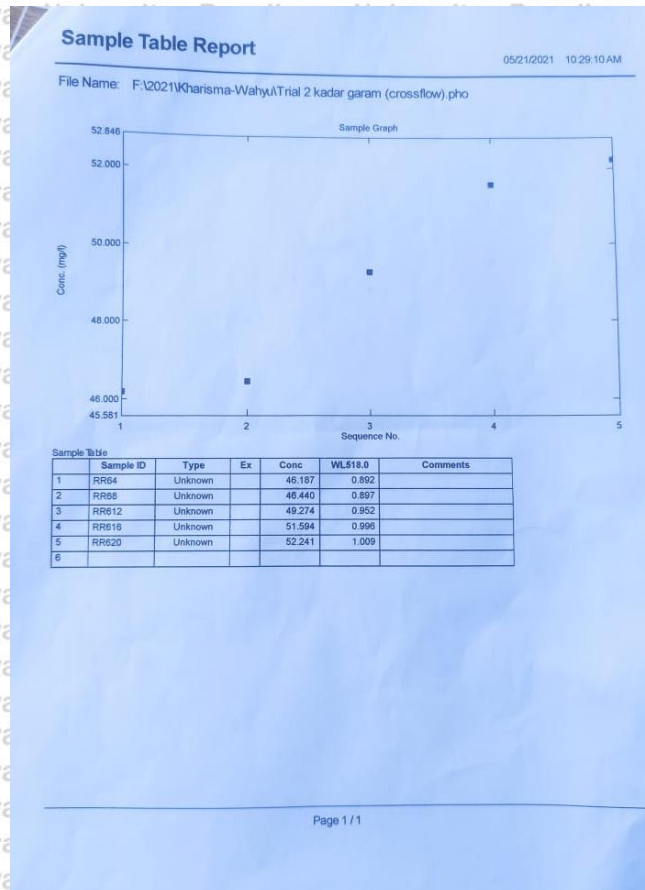
296

297

298

2





## LAMPIRAN B

### DATA DAN PERHITUNGAN

#### B.1 Persiapan Bahan Baku

##### B.1.1 Pembuatan Larutan *Remazol Red*

Konsentrasi *remazol red* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 200 ppm (mg/L). Dimana larutan *stock* yang dibuat dengan labu ukur dengan volume 1 L.

$$m = \frac{200 \text{ mg}}{\text{Liter}} \times 1 \text{ Liter} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 0,2 \text{ g}$$

Sehingga massa *remazol red* yang digunakan 0,2 gram

##### B.1.2 Pembuatan Larutan *m-phenyldiamine* (MPD)

Konsentrasi MPD yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2% (w/v) dimana pelarut yang digunakan yaitu akuademin dengan menggunakan labu ukur 100 mL.

$$m = \frac{2 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times 100 \text{ mL} = 2 \text{ g}$$

Sehingga massa MPD yang digunakan 2 gram.

##### B.1.3 Pembuatan Larutan *Trymesoyl Chloride* (TMC)

Konsentrasi TMC yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,1% (w/v) dimana pelarut yang digunakan yaitu akuademin dengan menggunakan labu ukur 100 mL.

$$m = \frac{0,1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ g}$$

Sehingga massa TMC yang digunakan 0,1 gram.

#### B.2 Perhitungan Permeabilitas Membran Komposit Poliamida

##### B.2.1 Perhitungan Permeabilitas Air Murni

Permeabilitas dihitung setiap 5 menit dimana volume permeat diakumulasikan setiap menitnya. Luas efektif membran yang digunakan adalah 40 cm<sup>2</sup>.

Sedangkan tekanan yang digunakan 2 bar menggunakan konfigurasi *dead-end*.

a. Permeabilitas air murni pada membran PVDF

Volume permeat pada menit ke-5 yaitu 126,8 mL.



Permeabilitas

$$= \frac{126,8 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 5 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 190,2 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-10 yaitu 242,3 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{242,3 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 181,73 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-15 yaitu 342,9 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{342,9 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 15 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 171,45 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-20 yaitu 453,3 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{453,3 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 169,99 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-25 yaitu 569,8 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{569,8 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 25 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 170,94 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-30 yaitu 687,2 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{687,2 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 171,8 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

b. Permeabilitas air murni pada membran komposit film tipis poliamida

Volume permeat pada menit ke-5 yaitu 74,7 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{74,7 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 5 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 112,05 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-10 yaitu 149,1 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{149,1 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 111,83 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-15 yaitu 146,7 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{146,7 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 15 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 110,7 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-20 yaitu 146,3 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{146,3 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 110,78 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-25 yaitu 150,3 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{150,3 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 25 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 111,51 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-30 yaitu 151,9 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{151,9 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 111,83 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

## B.2.2 Perhitungan Permeabilitas Remazol Red

Permeabilitas *Remazol Red* dihitung setiap 5 menit dimana volume permeat diakumulasikan setiap menitnya. Luas efektif membran yang digunakan adalah  $40 \text{ cm}^2$ . Sedangkan tekanan yang digunakan 2 bar menggunakan membran komposit film tipis poliamida.



a. Permeabilitas *remazol red* menggunakan konfigurasi *dead-end*.

Volume permeat pada menit ke-5 yaitu 25,65 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{25,65 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 5 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 38,5 \text{ Lm}^{-1} \text{h}^{-1} \text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-10 yaitu 49,85 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{49,85 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 37,4 \text{ Lm}^{-1} \text{h}^{-1} \text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-15 yaitu 72,25 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{72,25 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 15 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 36,1 \text{ Lm}^{-1} \text{h}^{-1} \text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-20 yaitu 90,85 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{90,85 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 34,1 \text{ Lm}^{-1} \text{h}^{-1} \text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-25 yaitu 119,5 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{119,5 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 25 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 33,1 \text{ Lm}^{-1} \text{h}^{-1} \text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-30 yaitu 128,05 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{128,05 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 32 \text{ Lm}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ bar}^{-1}$$

b. Permeabilitas *remazol red* menggunakan konfigurasi *crossflow*.

Volume permeat pada menit ke-5 yaitu 39 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{39 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 5 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 58,5 \text{ Lm}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-10 yaitu 78,2 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{78,2 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 58,65 \text{ Lm}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-15 yaitu 117 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{117 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 15 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 58,5 \text{ Lm}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-20 yaitu 155,4 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{155,4 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 58,28 \text{ Lm}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-25 yaitu 193,5 mL.



Permeabilitas

$$= \frac{193,5 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 25 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 58,05 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

Volume permeat pada menit ke-30 yaitu 231,4 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{231,4 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 57,85 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

### B.2.3 Perhitungan Permeabilitas Campuran Remazol Red dan NaCl

Permeabilitas campuran dihitung setelah 30 menit. Konsentrasi *remazol red* yang digunakan adalah 200 ppm. Luas efektif membran yang digunakan adalah  $40 \text{ cm}^2$ . Sedangkan tekanan yang digunakan 2 bar menggunakan membran komposit film tipis poliamida dan konfigurasi *crossflow*.

a. NaCl 400 ppm

Volume permeat yaitu 228,1 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{228,1 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 57,03 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

b. NaCl 800 ppm

Volume permeat yaitu 225,9 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{225,9 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 56,48 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

b. NaCl 1200 ppm

Volume permeat yaitu 218,7 mL.

Permeabilitas

$$= \frac{218,7 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 54,68 \text{ Lm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{bar}^{-1}$$

c. NaCl 1600 ppm

Volume permeat yaitu 210,6 mL.

*Permeabilitas*

$$= \frac{210,6 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 52,65 \text{ Lm}^{-1} \text{h}^{-1} \text{bar}^{-1}$$

d. NaCl 2000 ppm

Volume permeat yaitu 202 mL.

*Permeabilitas*

$$= \frac{202 \text{ mL}}{40 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ menit} \times 2 \text{ bar}} \times \frac{1 \text{ Liter}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 50,5 \text{ Lm}^{-1} \text{h}^{-1} \text{bar}^{-1}$$

### B.3 Perhitungan Rejeksi *Remazol Red*

#### B.3.1 Perhitungan Rejeksi *Remazol Red* pada Konfigurasi yang Berbeda

Rejeksi *remazol red* dihitung setelah 30 menit dengan tekanan 2 bar, kandungan *remazol red* 200 ppm, dan luas efektif membran adalah 40 cm<sup>2</sup>. Nilai rejeksi diketahui dari konsentrasi permeat.

a. Konfigurasi *dead-end*.

Konsentrasi permeat adalah 35,3 ppm

$$\%R = \left(1 - \frac{35,3 \text{ ppm}}{200 \text{ ppm}}\right) \times 100\% = 82,35\%$$

b. Konfigurasi *crossflow*

Konsentrasi permeat adalah 45,27 ppm

$$\%R = \left(1 - \frac{45,27 \text{ ppm}}{200 \text{ ppm}}\right) \times 100\% = 77,37\%$$

#### B.3.2 Perhitungan Rejeksi *Remazol Red* pada Campuran *Remazol Red* dan NaCl

a. NaCl 400 ppm

Konsentrasi permeat adalah 46,2 ppm

$$\%R = \left(1 - \frac{46,2 \text{ ppm}}{200 \text{ ppm}}\right) \times 100\% = 76,9\%$$

b. NaCl 800 ppm

Konsentrasi permeat adalah 46,4 ppm



$$\%R = \left(1 - \frac{46,4 \text{ ppm}}{200 \text{ ppm}}\right) \times 100\% = 76,8\%$$

c. NaCl 1200 ppm

Konsentrasi permeat adalah 49 ppm

$$\%R = \left(1 - \frac{49 \text{ ppm}}{200 \text{ ppm}}\right) \times 100\% = 75,5\%$$

d. NaCl 1600 ppm

Konsentrasi permeat adalah 51,6 ppm

$$\%R = \left(1 - \frac{51,6 \text{ ppm}}{200 \text{ ppm}}\right) \times 100\% = 74,2\%$$

e. NaCl 2000 ppm

Konsentrasi permeat adalah 52,2 ppm

$$\%R = \left(1 - \frac{52,2 \text{ ppm}}{200 \text{ ppm}}\right) \times 100\% = 73,9\%$$

#### B.4 Perhitungan Tekanan Osmotik garam NaCl

Tekanan osmotik garam NaCl dihitung pada setiap konsentrasi variabel 400 ppm, 800 ppm, 1200 ppm, 1600 ppm, 2000 ppm. Rumus perhitungan tekanan osmotik adalah sebagai berikut :

$$\Pi = M \times R \times T \times i$$

Diketahui : T = 321 K

R = 0.0820574587 L.atm/K.mol

i = 2 (Terionisasi sempurna menjadi Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>)

Kandungan Garam (ppm)	mol/L (M)	Tekanan Osmotik
0	0.00000	0.00
400	0.00684	0.36
800	0.01368	0.72
1200	0.02051	1.08
1600	0.02735	1.44
2000	0.03419	1.80

LAMPIRAN C

DOKUMENTASI

No

Dokumentasi

Kegiatan

1



Pemotongan membran

2



Pembuatan larutan  
MPD 2% dan larutan  
TMC 0,1%

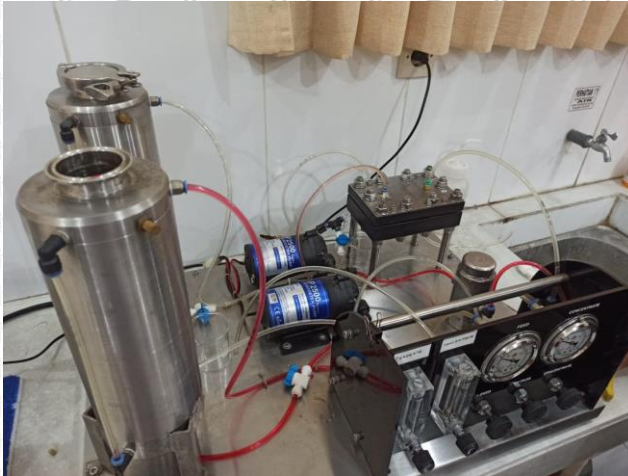
3



Perendaman membran  
pada MPD dilanjutkan  
TMC



4



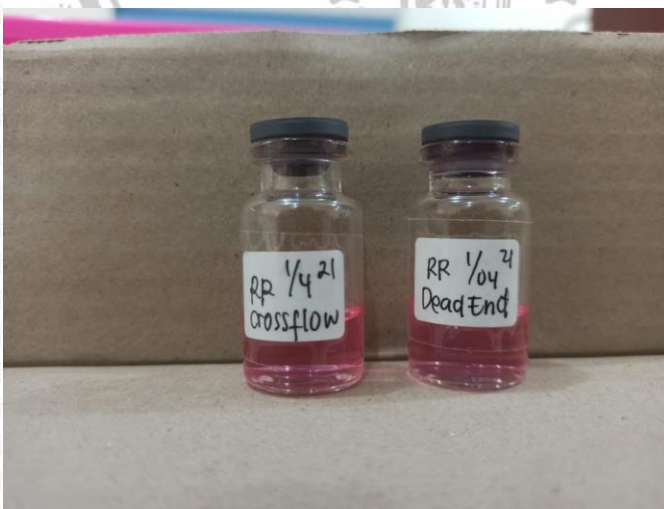
Pengujian kinerja  
membran

5



Pengukuran pH

6



c

7



Hasil Penyisihan  
Remazol Red/NaCl  
pada aliran dan  
*Crossflow*





## RIWAYAT HIDUP

Wahyu Fiqih Virdiansyah, lahir di Malang, 16 Maret 2000, merupakan anak dari Bapak Suudi dan Ibu Nita Yulia Evi Susanti. Mengampu pendidikan dasar di MI Nahdlatul Ulama Bululawang, pendidikan menengah pertama di MTSN Malang 3, dan pendidikan menengah atas di SMAN 4 Malang. Lulus program sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya pada tahun 2021. Memiliki pengalaman kerja praktik di PT. Petrokimia Gresik, pernah menjadi asisten Praktikum Mikrobiologi Industri di Laboratorium Teknik Bioproses 2019/2020 serta asisten Praktikum Kimia Analisis di Laboratorium Sains 2020/2021.

Malang, 20 Juni 2021

Penulis



**RIWAYAT HIDUP**

Kharisma Ghanyysyafira, lahir di Malang, 25 Februari 2000, merupakan anak dari Bapak dan Ibu Zilly. Mengampu pendidikan dasar di, pendidikan menengah pertama di SMPN 3 Malang, dan pendidikan menengah atas di SMAN 5 Malang. Lulus program sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya pada tahun 2021. Memiliki pengalaman kerja praktik di PT. Petro Jordan Abadi, pernah menjadi asisten Praktikum Operasi Teknik Kimia di Laboratorium Operasi Teknik Kimia 2020/2021.

Malang, 20 Juni 2021

Penulis

